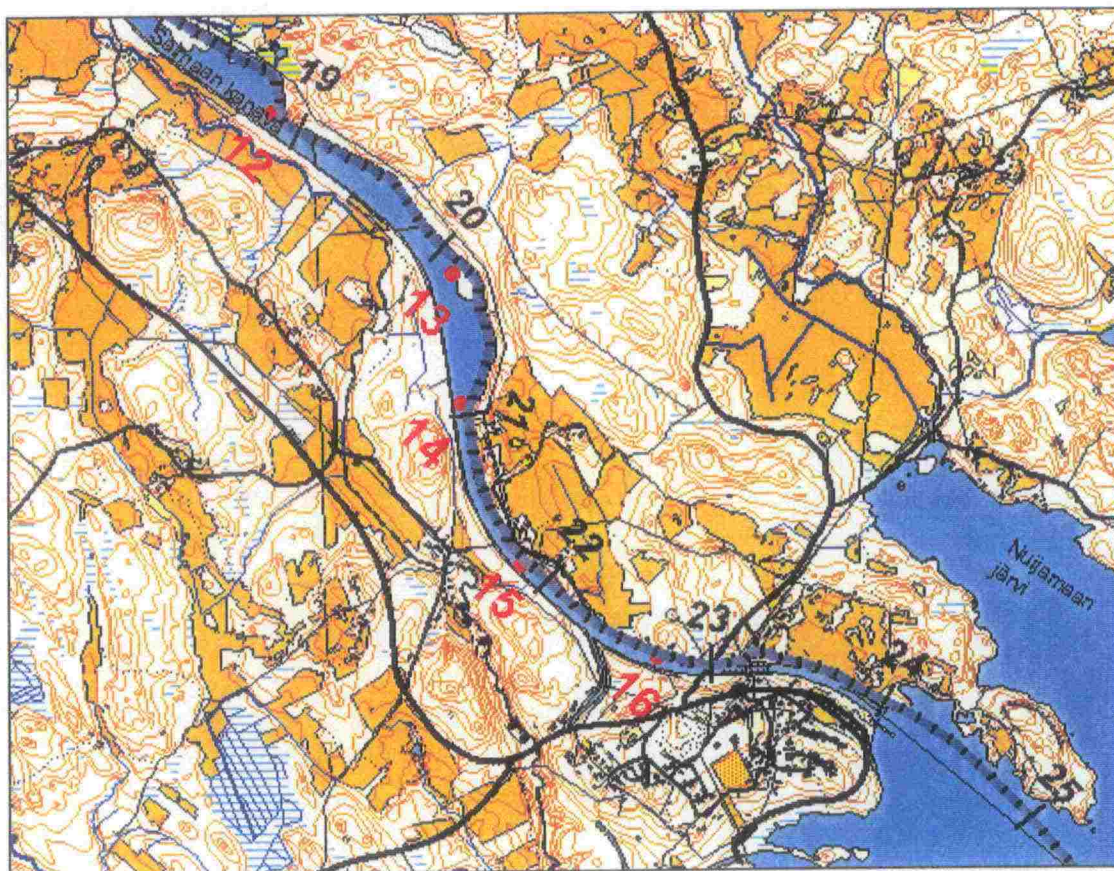


Lämpimän veden jakelu Saimaan kanavaan

Esisuunnitelma teknisestä toteutuksesta



 SUUNNITTELUKESKUS OY
Helsinki

 Merenkulkulaitos

Kartta- ja väyläosasto
Helsinki 2001

Jakelun mukaan

LÄMPIMÄN VEDEN JAKELU SAIMAAN KANAVAAN

Väylä- ja satamatoimisto lähettää ohessa Saimaan kanavaan lämpimän veden jakelun teknisen toteutuksen esisuunnitelmaan liitettäväksi investoinnin kokonaiskustannukset ja lämpimän veden jakelun vuosikustannukset muunnettuina euroiksi.

Varsinainen suunnitelma on lähetetty 7.1.2002 kirjeen KVs-8 liitteenä.

Yli-insinööri



Risto Lång

Dipl.ins.



Vesa Mustonen

LIITTEET

Lämpimän veden jakelu Saimaan kanavaan, investoinnin kokonaiskustannukset ja lämpimän veden jakelun vuosikustannukset euroina.

JAKELU

Järvi-Suomen merenkulkupiiri, 5 kpl
Esa Eranti / Eranti Engineering
Suunnittelukeskus Oy / Jukka Yli-Kuivila
KKo, RL, VMu, OH, TA

VMu/VMu

LÄMPIMÄN VEDEN JAKELU SAIMAAN KANAVAAN

Investoinnin kokonaiskustannukset

	Perusvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 30 ° C ja virtaama 1000 l/s	Vertailuvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 17 ° C ja virtaama 1800 l/s
Runkolinja	15,14 milj.€	20,80 milj.€
Runkolinjan erityiskohteet ja venttiilit + valokaapelit	0,61 milj.€	0,64 milj.€
Lähtöpumppaamo	0,74 milj.€	0,89 milj.€
Purkuhaarat	1,23 milj.€	1,30 milj.€
Arvaamattomat kustannukset	1,63 milj.€	2,44 milj.€
Yhteensä	19,34 milj.€	26,07 milj.€
	115 mmk	155 mmk

Vuosikustannuksiksi muutetut investointikulut (korko 5 %, kuoletusaika rakennukset ja putkisto 30 a, koneistot ja muut 15 a) ja käyttökulut ovat seuraavan taulukon mukaisia :

Lämpimän veden jakelun vuosikustannukset

	Perusvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 30 ° C ja virtaama 1000 l/s	Vertailuvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 17 ° C ja virtaama 1800 l/s
Investoinnit		
Runkolinja	0,98 milj.€	1,35 milj.€
Runkolinjan erityiskohteet ja sulut + valokaapeli	0,05 milj.€	0,05 milj.€
Lähtöpumppaamo	0,06 milj.€	0,08 milj.€
Purkuhaarat	0,11 milj.€	0,11 milj.€
Arvaamattomat kustannukset	0,16 milj.€	0,23 milj.€
Käyttö		
Pumppaus	0,18 milj.€	0,29 milj.€
Hoito ja kunnossapito	0,09 milj.€	0,10 milj.€
Yhteensä	1,63 milj.€	2,22 milj.€
	9,7 mmk	13,2 mmk

Taulukko 1 Lämpimän veden jakelun vuosikustannukset (1000 l/s, +30 °C)

Investoinnit	milj. €/a	mmk/a
Runkolinja	0,98	5,9
Runkolinjan erityiskohteet ja sulut + valokaapeli	0,05	0,3
Lähtöpumppaamo	0,06	0,4
Purkuhaarat	0,11	0,6
Arvaamattomat kustannukset	0,16	0,9
Käyttö	milj. €/a	mmk/a
Pumppaus	0,18	1,1
Hoito ja kunnossapito	0,09	0,5
Yhteensä	1,63	9,7

Taulukko 2 Lämpimän veden jakelun vuosikustannukset (1800 l/s, +17 °C)

Investoinnit	milj. €/a	mmk/a
Runkolinja	1,35	8,0
Runkolinjan erityiskohteet ja sulut + valokaapeli	0,05	0,3
Lähtöpumppaamo	0,08	0,5
Purkuhaarat	0,11	0,7
Arvaamattomat kustannukset	0,23	1,4
Käyttö	milj. €/a	mmk/a
Pumppaus	0,29	1,7
Hoito ja kunnossapito	0,10	0,6
Yhteensä	2,22	13,2

LÄMPIMÄN VEDEN JAKELU SAIMAAN KANAVAAN

Investoinnin kokonaiskustannukset

	Perusvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 30 ° C ja virtaama 1000 l/s	Vertailuvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 17 ° C ja virtaama 1800 l/s
Runkolinja	15,14 milj.€	20,80 milj.€
Runkolinjan erityiskohteet ja venttiilit + valokaapelit	0,61 milj.€	0,64 milj.€
Lähtöpumppaamo	0,74 milj.€	0,89 milj.€
Purkuhaarat	1,23 milj.€	1,30 milj.€
Arvaamattomat kustannukset	1,63 milj.€	2,44 milj.€
Yhteensä	19,34 milj.€	26,07 milj.€

Vuosikustannuksiksi muutetut investointikulut (korko 5 %, kuoletusaika rakennukset ja putkisto 30 a, koneistot ja muut 15 a) ja käyttökulut ovat seuraavan taulukon mukaisia :

Lämpimän veden jakelun vuosikustannukset

	Perusvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 30 ° C ja virtaama 1000 l/s	Vertailuvaihtoehto; syötettävän veden lämpötila 17 ° C ja virtaama 1800 l/s
Investoinnit	0,98 milj.€	1,35 milj.€
Runkolinja		
Runkolinjan erityiskohteet ja sulut + valokaapeli	0,05 milj.€	0,05 milj.€
Lähtöpumppaamo	0,06 milj.€	0,08 milj.€
Purkuhaarat	0,11 milj.€	0,11 milj.€
Arvaamattomat kustannukset	0,16 milj.€	0,23 milj.€
Käyttö		
Pumppaus	0,18 milj.€	0,29 milj.€
Hoito ja kunnossapito	0,09 milj.€	0,10 milj.€
Yhteensä	1,63 milj.€	2,22 milj.€

Jakelun mukaan

LÄMPIMÄN VEDEN JAKELU SAIMAAN KANAVAAN

Väylä- ja satamatoimisto lähettää ohessa tiedoksi esisuunnitelman Saimaan kanavaan lämpimän veden jakelun teknisestä toteutuksesta.

Työ on osa Saimaan kanavan jäätilanteen hallintaan liittyvää selvitystä ja sen tarkoituksena on ollut teollisuuden lauhdevesiä hyödyntävän jakeluputkiston kustannusarvion tarkentaminen. Esisuunnitelman mukaan investoinnin kokonaiskustannukset ovat mitoitusvaihtoehdosta riippuen 115-145 Mmk ja vuosikustannuksiksi muutetut investointikulut 8,7-11,8 Mmk/a 5% korolla ja 30 vuoden käyttöajalla.

Yli-insinööri


Risto Lång

Dipl.ins.


Vesa Mustonen

LIITTEET

Lämpimän veden jakelu Saimaan kanavaan, esisuunnitelma teknisestä toteutuksesta, Kartta- ja väyläosasto 2001.

JAKELU

Järvi-Suomen merenkulkupiiri, 5 sarjaa
Esa Eranti / Eranti Engineering, 1 kpl

TIEDOKSI

KKo, RL, VMu, OH, **TA**
Suunnittelukeskus Oy / Jukka Yli-Kuivila

VMu/VMu

SISÄLLYSLUETTELO

1	LÄHTÖKOHTA	1
2	LÄMPIMÄN VEDEN JAKELULINJAN TEKNINEN TOTEUTUS	2
2.1	Jakelulinja	2
2.2	Linjan geotekninen tarkastelu	4
2.2.1	Maaperä	4
2.2.2	Kaivannon tuenta ja pohjanvahvistus	4
2.3	Jakelulinjan hydraulinen mitoitus	5
2.4	Pumppauksen mitoitus	5
2.5	Purkuhaarat	7
2.6	Purettavan veden mittaus- ja säätö	8
2.7	Automaatiojärjestelmä	8
2.7.1	Järjestelmäkokonaisuus	8
2.7.2	Valvomot	9
2.7.3	Pumppaamo ja purkuhaarat	9
2.7.4	Automaation viestiliikenneyhteydet	10
3	PUTKIMATERIAALIN TARKASTELU	11
3.1	Tarkasteltavat putkimateriaalit	11
3.2	Kova polyeteeni, PEH	12
3.3	Pintakäsitelty teräs	12
3.4	Polyuretaanilla esieristetty teräs	13
3.5	Lämpöhukan tarkastelu	14
4	KUSTANNUSTARKASTELU	16
4.1	Jakelulinjan kustannusten laskentaperusteet	16
4.2	Putkilinjan kustannukset	18
4.3	Erityisrakenteet	20
4.4	Käyttökustannukset	21
4.5	Investoinnin kokonaiskustannukset	22
5	TARKASTELU 1800 l/s SYÖTTÖVIRTAAMASTA JA +17 °C LÄMPÖTILASTA	22
5.1	Jakelulinja	22
5.2	Jakelulinjan hydraulinen mitoitus	23
5.3	Pumppauksen mitoitus	23
5.4	Purkuhaarat	23
5.5	Automaatiojärjestelmä	24
5.6	Tarkastellut runkolinjan putkityypit	24
5.7	Lämpöhukan tarkastelu	24
5.8	Mitoitusmuutoksen kustannusvaikutus	24
6	TYÖN LÄHDEMATERIAALINA KÄYTETTY AINEISTO	27

MERENKULKULAITOS

TEKNINEN ESISUUNNITELMA LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUSTA SAIMAAN KANAVAAN

1 LÄHTÖKOHTA

Merenkulkulaitos tutkii Saimaan kanavan liikennekauden ulottamista ympäri-vuotiseksi. Liikennöinnin yksi edellytys on kylmyyden ja liikenteen yhteisvai-kutuksesta kanavaan kehittyvän lohkarajaan määrän rajoittaminen. Alkupalvesta kanavaan annettaisiin muodostua jääkansi, joka vähentää lämpöhukkaa vesipin-nasta. Lämpimän veden jakelulla kevennettäisiin jääkuormaa niin, että liikenne murtajien avustamana olisi mahdollista.

Lämpimän veden jakelukauden pituudeksi on alustavasti arvioitu 4 kuukautta. Lämpöenergian syötön mitoituksessa haetaan kohtuullista tasapainoa syötettävän energiamäärän, operatiivisten toimenpiteiden ja riskien välillä. Tässä raportissa ei puututa tähän kokonaistarkasteluun, vaan keskitytään tarvittavan energiamää-rän syöttöjärjestelmän alustavaan tekniseen suunnitteluun. Lähtökohdaksi sovit-tiin jakelu mitoituskapasiteetilla kahden kuukauden ajan keskitalvella, tasainen pumppauksen nosto kuukauden aikana alkupalvesta ja vastaava lasku lopputal-vesta. Näin päädytään konservatiiviseen kustannusarvioon, jonka arvioidaan riittävän kovinakin talvina.

Aikaisemmissa selvityksissä (Eranti, 2000) on todettu, että lämpimän veden johtamisella kanavaan saadaan lohkarajaan määrää rajoitettua tehokkaasti mikäli riittävästi lämpöenergiaa on edullisesti saatavilla. Kanavaa ei ole tarkoitus pitää sulana, sillä lämpöhäviö vapaasta vesipinnasta vaatisi huomattavan paljon suu-remman kokonaislämpömäärän, kuin on taloudellisesti käytettävissä.

Erannin (2000) selvityksen mukaan UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtailta pu-retaen Saimaaseen useita lämpimiä vesijakeita, joista osankin hyödyntäminen riittäisi Saimaan kanavan liikennöitävänä pitämiseen. Purettavat jakeet ovat seu-raavan tyypisiä:

- nykyisin puretaan keskimäärin 1,5 m³/s puhdasta lauhdevettä (+20 - +60 °C)
- nykyisin puretaan keskimäärin 1,3 m³/s puhdistettua jätevettä, yli +30 °C
- kymmenen vuoden sisällä Kaukaan tehtailla rakennettaneen uusi voimalaitos, jonka lauhdeveden lämpötila on noin +17 °C ja määrä maksimissaan 3,5 m³/s

Putken mitoituksen lähtökohdaksi tässä suunnitelmassa sovittiin tasaisesti käy-tettävissä oleva lauhdevesi: määrä 1,0 m³/s ja lämpötila +30 °C. Kanavan suulta oletetaan juoksutettavan lisäksi keskimäärin 5 m³/s (+1 °C) vettä, jonka lämpöte-ho riittää jäätilanteen hallintaan Mustolan sulun alapuolelle saakka (4 km kana-vaa ja 2 sulkua).

Lähtökohdaksi otettu vesimäärä ja lämpötila juontuvat Kaukaan tehtaiden lauh-devesijakeeseen "Puhdasvesiviemäri 1", jonka virtaama ja veden laatu ovat mel-ko tasaisia. Puhdasvesiviemäri 1:n kautta johdetaan osa tehtaiden lauhdevesistä.

Vesi puhtasvesiviemäri 1:ssä soveltuisi seuraavassa esitettävien laadun keskiarvolukujen valossa (vuodelta 1998) hyvin jaeltavaksi Saimaan kanavaan:

• lämpötila	32	°C
• sähkönjohtokyky	8,2	mS/m
• natrium	6,0	mg/l
• kemiallinen hapenkulutus, COD _{Cr}	33	mg/l
• biologinen 7 vrk:n hapenkulutus, BOD ₇	8,3	mg/l
• kiintoaine	5,5	mg/l
• kokonaisfosfori	0,02	mg/l
• kokonaistyyppi	1,9	mg/l

Keskiarvot kuvaavat hyvin veden normaalia laatua, mikä ei olennaisesti poikkea Saimaan veden laadusta. Seisokkien ja tehtaan häiriöiden aikana saattaa vedenlaatu poiketa normaalista. Seuraavassa joitain maksimiarvoja vuoden 1998 tarkailutiedoista:

• pH	6,7 – 8,9	
• sähkönjohtokyky	8,8	mS/m
• natrium	12	mg/l
• kemiallinen hapenkulutus, COD _{Cr}	74	mg/l
• biologinen 7 vrk:n hapenkulutus, BOD ₇	22	mg/l
• kiintoaine	31	mg/l

2 LÄMPIMÄN VEDEN JAKELULINJAN TEKNINEN TOTEUTUS

2.1 Jakelulinja

Saimaan kanavan pituus Saimaalta alimmalle Brusničnoen (Juustila) sululle on noin 43 km. Lämmintä vettä on tarpeen purkaa koko matkalla kanavaosuuksille noin kilometrin välein. Sulkujen yläpuoliset osuudet, kapeikot ja kaarrokset ovat erityisesti varmistettavia kohteita tarkkuutta vaativan liikennöinnin ja jäiden pakkaantumisriskin vuoksi. Suorilla tai leveillä kanavaosuuksilla voidaan purkupisteiden keskinäistä etäisyyttä pidentää. Suluissa ja välittömästi niiden alapuolella purettava lämpömäärä menisi suurelta osin hukkaan. Niissä jäättilanne saadaan hallittua nykyisin käytössä olevilla järjestelyillä.

Järviosuuksille ei ole erityistä tarvetta purkaa lämpöä, sillä laivoille voidaan tarvittaessa avata toinen tai kolmaskin ”liikennöintiränni”, jos kulku aiemmin avatussa rännissä käy raskaaksi. Kanavasta järviosuuksille valuva lämpöenergia helpottaa jäättilannetta jonkin verran.

Lämpimän veden jakelulinjan suunnittelussa lähdettiin siitä, että UPM-Kymmene Oyj:n Kaukaan tehtaiden lauhdevesijae ”Puhdasvesi 1” johdettaisiin alueelle rakennettavaan lähtöpumppaamoon, josta se pumpattaisiin runkolinjaan. Linjan kokonaispituus on noin 46,2 km, josta Suomen puolella noin 25,9 km ja Saimaan kanavan vuokra-alueella Venäjän puolella noin 20,3 km. Purkupisteitä on runkolinjan pään lisäksi 31, joista maastokäynnin yhteydessä todettiin kolmen olevan tarpeen mitoittaa muita suuremmiksi.

Putken linjauksessa haluttiin pääosin noudattaa Saimaan kanavan linjausta, jolloin rakentaminen rajoittuu pääosin kanava-alueelle. Lappeenrannan kaupungin alueella etsittiin nykyistä ja suunniteltua rakentamista sekä virkistysalueita mahdollisimman vähän häiritsevä linjaus. Venäjän puolella pitäydyttiin nykyiseen vuokra-alueeseen. Runkoputken linja suunniteltiin väistämään Saimaan kanavan mahdollisen laajennuksen linjausta. Runkoputken alustava linja ja purkupisteet on katsottu maastossa. Suunnitellusta linjauksesta on seuraavat kuvat suunnitelman liitteinä:

- yleiskartta 1: 50 000
- linjaus kartalla mittakaavassa 1 : 10 000
- pituusleikkaus linjasta 1 : 10 000 / 1 : 200
 - Suomen puolella käytetty vuosien 1995 – 1997 peruskartan 1 : 20 000 digitaalista maanpintatietoa ja vuoden 1968 kanavakartan 1 : 5 000 pohjalta tehtyä maastomallia niiltä osin kuin se oli käytettävissä
 - Venäjän puolella käytetty vain vuoden 1968 kanavakartan 1 : 5 000 maanpintatietojen pohjalta tehtyä maastomallia

Seuraavassa joitain huomioita ja tarkennuksia kartalla esitettyihin suunnitelmiin:

- Lähtöpumppaamon tarkka paikka (piirustus 003) ja linjan lähtöpään järjestelyt varmistuvat vasta seuraavassa suunnitteluvaiheessa.
- Suikin lammen ja Nuijamaan välillä (piirustus 005, paaluväli 21900 - 22400) linja voi kiertää vaihtoehtoisesti tien reunaa kauempana kanavasta
- Bol'soe Cvetočnoen järven (Rättijärvi) kohdalla (piirustus 007, paaluväli 35400 – 39200) on esitetty kaksi linjausvaihtoehtoa (pitkä vesistöalitus tai tien vartta ja lyhyt vesistöalitus), joista pitkä vesistöalitus on otettu tämän suunnitelman lähtökohdaksi.
- Purkupisteen 27 kohdalla (piirustus 008, paalu 40600) nykyisen vuokra-alueen raja on rannassa ja laitetila jouduttaisiin rakentamaan veteen. Pisteen rakentaminen ja huolto olisivat hankalia. Muita toteutusvaihtoehtoja ovat:
 - rakentaminen rannalle, vaatii vuokra-alueeseen pienen laajennuksen
 - veden tuominen n. 800 m pitkällä purkuputkella purkupisteeltä 28 (piirustus 008, paalu 41400)
- Purkupisteen 30 ja 31 välinen kanavaosuus (piirustus 008, paaluväli 43600 – 44600) on linjan kannalta hankala, koska kanavan kummallakaan reunalla ei ole hyvää tilaa putkelle. Vuokra-alueen puitteissa parhaalta vaihtoehdolta tuntui kanavan alitus heti purkupisteen 30 jälkeen ja linjan vetäminen tien ja kanavan välissä. Putkilinja saattaa olla tarpeen tuoda lähelle maan pintaa tai vesirajaan ja peittää pengerryksellä.
- Kanavan alkuosalle on piirretty kolme varausta purkupisteiksi (piirustus 003). Ne ovat tarpeen, jos kanavaan ei voida juoksuttaa Saimaasta suunniteltua 20 MW lämpö määrää ($5 \text{ m}^3/\text{s}$, $+1 \text{ }^\circ\text{C}$).
- Kanavaan Nuijamaanjärven (piirustus 005) ja Bol'soe Cvetočnoe järven (Rättijärvi, piirustus 007) yläpuolelle varaudutaan rakentamaan purkupisteet myöhemmässä vaiheessa. Rakentaminen toteutetaan, jos jään kasaantuminen kanavan suulla järviosuuden alussa osoittautuu ongelmalliseksi.

Jakeluputkiston mitoituksessa on lähdetty tällä hetkellä todennäköiseltä vaikuttavasta lämmöntarpeesta. Alueellisissa vesiensuojelusuunnitelmissa on yhtenä

vaihtoehtona Lappeenrannan kaupungin jätevesien johtaminen kaupungin edustalta Vuoksen niskalle. Jos hanke toteutetaan, veloitettaneen Kaukaan tehdastakin johtamaan lämpimät jätevetensä pois Saimaan kanavan vaikutusalueelta. Tällöin saattaisi Saimaasta juoksutettavan veden jäähtymisen seurauksena olla tarpeen purkaa lämmintä vettä heti kanavan suulta alkaen. Suunnitteilla olevan uuden voimalaitoksen lauhdevedet saattaisivat lämpötaloudellisesti kuitenkin kompensoida mahdollisen jätevesien siirron vaikutuksen.

Mikäli lämpimät jätevedet siirretään pois Saimaan kanavan vaikutusalueelta eikä uusia energialähteitä toteutetakaan, saattaa lämpimän veden purku myös kanavan alkuosalle olla tarpeen. Siirrettävän veden lisatarve olisi tällöin maksimissaan noin 150 l/s lämpötilan ollessa $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tarpeen tarkempi analysointi ja sen vaikutus putken mitoittamiseen on tarkoituksenmukaista toteuttaa vasta yleissuunnitteluvaiheessa.

2.2 Linjan geotekninen tarkastelu

2.2.1 Maaperä

Saimaalta lähdettäessä kanava sijaitsee kallio- ja hiekkamuodostumissa. Lauritsalan rautatiesillalta alkaen maaperä muuttuu saveksi ja siltiksi. Savi- ja silttikerrokset kanavalinjalla jatkuvat aina Nuijamaalle asti, jossa kanava on kaivettu moreeni ja hiekkakerrokseen ennen Nuijamaanjärveä.

Kanavan suunnitteluvaiheen aikana tehtyjen tutkimusten mukaan saven ja siltin leikkauslujuus on pääosin vaihdellut rajoissa 20 – 40 kN/m². Pienimmät leikkauslujuuden arvot on mitattu Soskuan sulusta kaakkoon päin ja Kansolan alueella. Leikkauslujuus on ollut pienimmillään 10 – 15 kN/m². Kanavan rakennusaikaiset (vuonna 1965) sortumat tapahtuivat ensiksi mainitulla osuudella.

Vuokra-alueella Nuijamaanjärvestä alkaen kanava kulkee savi-silttimuodostumien läpi. Vuokra-alueella ei ole yhtenäisiä maalajikerrostumia, vaan maalajit vaihtelevat savesta moreeniin muutaman sadan metrin välein. Pehmeimmät savikerrokset ovat Nuijamaanjärven ja Pällin sulun sekä sen ja Lietjärven välisellä alueella. Lisäksi pehmeää savea on Särkijärven sulun yläpuolisella alueella. Pienimmät leikkauslujuuden arvot ovat olleet 10 – 15 kN/m².

2.2.2 Kaivannon tuenta ja pohjanvahvistus

Putki on suunniteltu perustettavaksi n. 1,8 – 2,3 m syvyyteen. Avokaivanto-osuudella luiskakaltevuutena on käytetty 3:1. Linja kulkee suurelta osin kanavan rakentamisen aikana läjitetyillä alueilla.

Pahimmilla pehmeikköalueilla käytetään tuentaa. Tuennan tarve, laatu ja määrä ratkaistaan lopullisesti rakennussuunnitelman laatimisen yhteydessä. Tällöin määritetään myös näillä alueilla putken tarkka rakennuspaikka. Geotekniset tarkastelut on tarpeen tehdä koko putkilinjan osuudelta, koska luiskien varmuuskertoimet sortumista vastaan ovat pieniä. Erityistä huomiota on kiinnitettävä koheesiomaa-alueiden tarkasteluun.

Tarkat geotekniset laskelmat luiskan vakavuudesta ja suunnitelma työn suorituksesta ovat tarpeen erityisesti niillä kohdin, missä putki alittaa kanavan. Muita

laskentaa vaativia erityiskohteita ovat ainakin kohdat, missä putki siirtyy maalta veteen tai päinvastoin sekä purkuhaarojen kohdat.

Suunniteltu putki on lopullisesta materiaalivalinnasta riippumatta hyvin jäykkä. Varsinaista pohjanvahvistusta ei ole laskettu tarvittavan, koska putki kestää vähäisen painuman. Suodatinkangasta käytetään pehmeiköiden kohdalla pohjaan ja tasauskerroksen välissä.

2.3 Jakelulinjan hydraulinen mitoitus

Runkolinjan mitoituksessa lähdettiin siitä, että alimman Brusničnoen (Juustila) sulun alapuolelle vuokra-alueen reunalle tulee olla purettavissa vesimäärä, jonka sulatusteho on noin 25 MW. Kun lämpöhukka matkalla laskettiin karkeasti, päätettiin veden tarpeeseen 225 l/s. Runkolinjan hydraulisessa mitoituksessa lähdettiin siitä, että kustakin purkupisteestä puretaan sama vesimäärä 25 l/s. (3,1 – 2,7 MW).

Linjan painehäviöt laskettiin yleisesti käytössä olevien sallittujen painehäviöiden perusteella. Putken sisäpinnan laskennallisena karkeuskertoimena käytettiin arvoa $k = 0,25$ ja häviön mitoitusmaksimina 4 m/km. Häviöksi tuli näin keskimäärin 3,0 m/km. Kyseinen painehäviö johtaa melko suuriin virtausnopeuksiin (1,1 – 2,0 m/s). Suurissa putkissa voidaan tavanomaista suuremmat virtausnopeudet sallia, koska virtaushäviöt jäävät suuresta poikkipinta-alasta johtuen kohtuullisiksi eivätkä materiaalivalinnat vielä näillä virtausnopeuksilla alustavasti arvioiden rajoitu.

Runkolinjan putken sisähalkaisijaksi saadaan em. kriteereillä alkupäässä noin 800 mm ja loppupäässä noin 500 mm. Hydraulinen mitoitus on melko tiukka, mikä vaikuttaa alustavasti arvioiden taloudellisimmalta ottaen huomioon materiaali- ja rakentamiskustannukset pitkällä linjalla verrattuna pumppauskustannuksiin. Yleissuunnitteluvaiheessa on tehtävä tarkemmat taloudellisuuslaskelmat pumppauskustannuksista suhteessa putkikokoon. Suunnitellun jakelulinjan jakaantuminen kokoluokkiin on esitetty taulukossa 1 ja liitteessä 1.

Taulukko 1 Saimaan kanavan lämpimän veden runkolinja

Halkaisija	Pituus	Purkuhaaroja	Varaus
$D_{\text{sisä}}$, mm	m	kpl	Haaroja, kpl
800	17400	11	3
700	12880	10	1
600	11920	8	1
500	3980	2	

2.4 Pumppauksen mitoitus

Lähtöpumppaamon tarkka paikka ja linjan lähtöpään järjestelyt varmistuvat vasta seuraavassa suunnitteluvaiheessa. Purkupisteiden korkeusasema ja linjan painehäviö (Liite 1) huomioiden selvittää yhdellä noin 8 bar (80 metriä vesipatsasta) pumppauksella. Tällöin purkupisteiden kohdalla on alimmillaan 1,2 bar (12 mvp)

paine kanavaan nähden, mikä riittää maaston korkeuserojen kompensoimiseen putkilinjalla sekä purettavan vesimäärän säätöön.

Kun pumppauksen maksimipaine on 8 bar luokkaa, voidaan putkistolle käyttää normaalia PN 10 bar mitoitusta. Tämän esisuunnitteluvaiheen painehäviölaskennoissa on käytetty pyöristettyjä arvoja putken sisähalkaisijalle. Joillakin putkikoilla sisähalkaisijat saattavat muodostua hieman tarkasteltuja pienemmiksi, kun käytetään standardikokoisia putkia ja huomioidaan sisäpinnoiteratkaisut. Tämän vaikutus painehäviöön on kuitenkin niin vähäinen, että se voidaan tässä esisuunnitteluvaiheessa jättää huomiotta.

Jakelulinjaa ei alustavasti arvioiden ole taloudellista toteuttaa esitettyä tiukemalla mitoituksella. Tiukempi mitoitus kasvattaisi painehäviötä ja lisäisi virtausnopeutta, mikä pumppauskustannusten nousun ohella saattaisi heikentää materiaalien pitkäaikaiskestävyyttä. Pienempi nostokorkeus taas vaatisi runkolinjan putkikoon suurentamista esitetystä, mikä ei alustavasti arvioiden myöskään tule kannattavaksi. Yleissuunnitteluvaiheessa on tehtävä tarkemmat taloudellisuuskalkelmat pumppauskustannuksista suhteessa putkikokoon ja virtausnopeudesta suhteessa putken käyttöikään.

Nostokorkeuden kokonaistarpeen ollessa 8 bar sen jakaminen kahteen osaan (5 lähtöpumppaus ja 3 bar paineenkorotus) johtaisi pumppaamoiden osalta selvästi korkeampaan hintaan kuin toteutus vain lähtöpumppaamoa käyttäen. Paineiskujen minimoimisen kannalta kaksi matalamman nostokorkeuden pumppaamoa olisi parempi ratkaisu. Paineiskut, jotka kohdistuvat linjan kaikkiin kulmapisteisiin, ovat suuressa putkessa ja korkeilla paineilla huomattavan suuria. Yleissuunnitteluvaiheessa paineiskulaskelmat ovat tarpeen.

Paineiskujen minimoimiseksi täytyy pumppauksen käynnistys ja pysäytys hoitaa hitain muutoksin. Kyseeseen tulee joko pehmeä käynnistin tai taajuusmuuttaja. Pehmeä käynnistin on jonkin verran taajuusmuuttajaa edullisempi vaihtoehto investoinniltaan ja käyttökustannuksiltaan. Pehmeä käynnistintä käytettäessä virtaaman säätö perustuu pumppujen pysäytykseen ja käynnistykseen. Taajuusmuuttajia käyttämällä saadaan tuotettua tasaisesti haluttu virtaama ja virtaaman säätö on tarkempaa ja joustavampaa kuin pehmeillä käynnistimillä. Tässä suunnitteluvaiheessa katsottiin investointi taajuusmuuttajiin tarkoituksenmukaiseksi.

Tyypikuva suunnitellusta lähtöpumppaamosta on esitetty piirustuksessa 016. Pumppaamoon kuuluu kolme samanlaista vaaka-asenteista keskipakopumppua, joista kahden rinnakkaiskäytöllä saadaan tuotettua tarvittava 1000 l/s. Kolmas pumppu on varalla. Pumppujen käynnistymisjärjestystä kannattaa vuorotella, jolloin niiden kulumisen ja huoltotarve kehittyä samaa tahtia.

Tässä suunnitteluvaiheessa lähtökohtana oli tasainen veden tulo pumppaamolle eikä virtaaman mahdollista tasaustarvetta ole huomioitu muutoin kuin pumppujen taajuusmuuttajaohjauksen kautta. Taajuusmuuttajat mahdollistavat jatkuvan pumppauksen myös tulovirtaaman vaihdelleessa. Jos halutaan varmistaa, että suunniteltu lämpömäärä on aina käytettävissä, voidaan täydentävänä vesilähteenä tutkia tehtaan muita lauhdevesien tai puhdistetun jäteveden hyödyntämistä. Nyt tarkasteltua huonompi vedenlaatu tai muovimateriaalien kannalta liian korkea lämpötila saattaa kuitenkin asettaa rajoituksia hyödynnettävyydelle.

2.5 Purkuhaarat

Purkuhaaroja on 31, joista kolme on alustavasti arvioitujen tarpeiden mukaan mitoitukseltaan normaalia suurempia. Normaalit purkuhaarat mitoitetaan 25 l/s virtaamalle (lämpöteho noin 3 MW) ja suuremmat 50 l/s virtaamalle (lämpöteho noin 6 MW). Kunkin purkupisteen virtaamaa on voitava säätää laajoissa rajoissa. Jos kaikista purkupisteistä otetaan mitoituksen mukainen vesimäärä, jää viimeiseen purkuun noin 17 MW lämpömäärä. Yleissuunnitteluvaiheessa on purkupisteiden mitoitusstarve selvitettävä tarkemmin.

Purkuhaarojen minimipituutena on käytetty 25 metriä. Kanavan luiskan kaltevuuden ollessa 1 : 2,5 saadaan vesi tällöin purettua 4 m syvyyteen. Purkuhaaran laittilan ja kanavaluiskan yläreunan väliin jää noin 5 m tilaa huoltotielle. Tyypikuva purkuhaaran sijoittumisesta kanavan poikkileikkaukseen on piirustuksena 020. Pidempien purkuhaarojen tarve on huomioitu tapauskohtaisesti ja kooste tarvittavista purkuputkipituuksista esitetty taulukossa 2. Ensimmäisessä sarakkeessa ilmoitettu putken halkaisija teräkselle ja muoville (suluissa).

Taulukko 2 Saimaan kanavan lämpimän veden purkuhaarat

DN mm	Pituus m	Purkuhaaroja kpl	Varaus	
			Haaroja, kpl	putkea, m
200 (250)	80	3		
150 (200)	1020	28	5	320

Venttiili- ja mittauskaivon osuudella on lähdetty haponkestävän teräksen käytöstä putkimateriaalina. Ruostumattomaan teräkseen nähden hinta on noin 30 % kalliimpi, mutta veden aggressiivisuus etenkin pitkään seisoessaan puoltaa haponkestävän teräksen käyttöä. Maksimissaan 25 m haaroissa voidaan haponkestävää terästä haluttaessa käyttää purkuhaaran materiaalina alusta loppuun, vaikka normaalisti maahan asennetaan muoviputkea. Pitkissä purkuhaaroissa kustannussäästö muovia käytettäessä tulee merkittäväksi.

Purkuhaarat ovat melko lyhyitä, jolloin lämpö- ja painehäviöt niissä jäävät pieniksi. Virtausnopeus purkuhaaroissa on mitoitusvirtaamalla noin 1.5 m/s. Virtaaman mittauksarkkuus on riittävä seuraavilla virtaamilla käytettäessä magneettista virtausmittausputkea, jonka halkaisija on vastaava:

- mitoitukseltaan 25 l/s haaroissa 9 – 100 l/s
- mitoitukseltaan 50 l/s haaroissa 16 – 180 l/s

Siltä varalta, että Saimaasta juoksutettavan veden lämpökapasiteetti pienenee nykyisestä, on syytä varautua 3 lisäpurkupisteen rakentamiseen kanavan alkuosalle ennen Mustolan sulkua (varaukset I, II ja III, piirustus 003). Järvisuuden alkuun syötettävä lämpömäärä häviää ennen järvisuuden päättymistä. Siksi järvisuuksien alkuun tai järvisuuksille ei ole laitettu purkupisteitä. Siltä varalta, että jäiden pakkaantuminen järvisuuden alussa osoittautuu ongelmalliseksi, varataan lisärakentamispaikat Nuijamaanjärven (varaus 16 II, piirustus 005) ja Bol'soe Cvetočnoe (Rättijärvi) yläpuolelle (varaus 25 II, piirustus 007). Varaus I

on syytä mitoittaa 50 l/s virtaamalle ja muut virtaamalle 25 l/s. Varauksia ei ole huomioitu kustannustarkastelussa.

2.6 Purettavan veden mittaus- ja säätö

Saimaan kanavan lämpimän veden jakelujärjestelmässä yhden purkupisteen virtaamasäädön muuttaminen vaikuttaa myös muiden pisteiden säätötarpeeseen. Siksi automaatio-ohjattu mittaus- ja säätöjärjestelmä on välttämätön joustavuuden saavuttamiseksi. Toisaalta kustakin pisteestä purkautuvassa vesimäärässä voidaan sallia pientä vaihtelua ja epätarkkuutta.

Käyttäjän on voitava päättää, mitkä purkupisteet ovat käytössä ja sulkea osa purkuhaaroista, jotta huoltotoimenpiteet ja veden keskitetty suurempi purku toisaalle olisivat mahdollisia. Purkupisteiden virtaaman on oltava säädettävissä laajalla vaihtelualueella.

Kunkin purkuhaaran varustukseen kuuluu:

- sulkuventtiili (tiivisti sulkeutuva läppä tai E-luistiventtiili, DN 150 / 200)
- magneettinen virtausmittari (DN 150 / 200)
- säätöventtiili (läppäventtiili, jossa sähköinen toimilaite, DN 150 / 200)
- runkolinjan painemittari (asennetaan purkuhaaraan ennen sulkuventtiiliä)
- kaksi veden lämpötilamittaria (toinen purettavalle vedelle ja toinen kanavaan ylävirtaan purkupisteestä)

Venttiilit ja mittarit sijoitetaan maan alle rakennettavaan teräsbetoniseen laitetilään. Laitetilana voidaan käyttää piirustuksen 017 mukaista paikalla valettua rakennetta. Jos laitetilojen kustannukset halutaan minimoida, tulevat kyseeseen myös halkaisijaltaan 2000 - 3000 mm tiiviit esim. betoniset rengaskaivot. Tällöin kuitenkin tingitään olennaisesti huollettavuudesta.

Mikäli runkolinjassa on sulku purkuhaaran kohdalla, on tarkoituksenmukaista käyttää piirustuksen 017 mukaista ratkaisua eikä rengaskaivoa. Runkolinjan sulkuventtiilejä ei välttämättä tarvita kaikkien purkuhaarojen yhteydessä. Sulkuja tarvitaan, jotta tyhjennettävä putkiosuus saataisiin rajoitettua putkirikkojen tai muiden käyttöhäiriöiden yhteydessä. Tämän suunnitelman kustannuslaskelmassa on käytetty noin 5 km sulkuväliä, jolloin sulkuja tarvitaan 10 kpl.

2.7 Automaatiojärjestelmä

2.7.1 Järjestelmäkokonaisuus

Lämpimän veden jakelujärjestelmää valvotaan ja käytetään Mälkiän ja Brusničnoen (Juustilan) sulkujen yhteydessä olevista kaukokäyttökeskuksista. Tämän hetkisten resurssitarpeiden ja käytettävissä olevan kapasiteetin mukaan arvioiden voidaan lämpimän veden jakelu liittää osaksi kanavan nykyistä automaatiojärjestelmää. Vaihtoehtoisesti voidaan hankkia oma mikrotietokone ja rakentaa erillinen järjestelmä. Nykyinen järjestelmä rajoittaa mahdollisia toteuttajatahoja ja toteutusta, mutta toteutus on kustannuksiltaan selvästi edullisempi ja ylläpito yksinkertaista. Vasta suunnitelmien tarkentuessa ja toteutusajankohdan varmis-

tuessa on tarkoituksenmukaista ottaa lopullisesti kantaa automaatiojärjestelmän toteutustapaan.

Automaatiojärjestelmäkokonaisuus erillistoteutuksena on esitetty piirustuksessa 018. Lähtöpumppaamossa ja kussakin purkuhaarassa on omat alakeskuksensa, jotka välittävät tiedot järjestelmän ja laitteiden välillä ja mahdollistavat paikallisohjauksen. Valvomoihin asennetaan pienet alakeskukset, jotka hoitavat järjestelmän tiedonsiirtoa. Valvomotietokoneet ja valvomon alakeskus varustetaan katkeamattoman sähkönsyötön laitteilla (UPS). Järjestelmä voidaan rakentaa sellaiseksi, että sitä voidaan valvomoiden lisäksi käyttää kannettavasta mikrotietokoneesta, joka on modeemin välityksellä yhteydessä valvomokoneeseen. Tästä olisi hyötyä esim. huoltojen yhteydessä.

Jos automaatiojärjestelmä upotetaan kanavan nykyiseen valvontajärjestelmään, ei valvomoissa tarvita erillisiä tietokoneita, kirjoittimia eikä automaatiokeskuksia. Tiedonsiirto toteutetaan tukeutuen kanavan nykyiseen lähiverkkoon, jossa liikennöinti valokaapelikuituja pitkin suluille on jo valmiina ja kapasiteettia riittävästi myös lämpimän veden jakelujärjestelmää silmällä pitäen. Sulkujen reitittimiltä alakeskuksille on tarpeen vetää uudet valokaapeliyhteydet. Periaate poikkeaa piirustuksesta 018 esitetystä valvomoiden varustuksen tiedonsiirron osalta. Valokaapeliyhteyttä ei toteutettaisi piirustuksen mukaisesti yhtenä sarjaväylänä, vaan jaettuna kuuden sulun alakeskuksille, joista viestit kulkisivat edelleen kahden valvomon keskuskoneille nykyisen lähiverkon puitteissa.

2.7.2 Valvomot

Rinnakkaisista valvomoista on mahdollista valvoa ja ohjata kohteita samanaikaisesti, mikä tuo lisävarmuutta ja joustavuutta automaatiojärjestelmään. Jos automaatiojärjestelmä upotetaan kanavan nykyiseen valvontajärjestelmään, tarvitaan valvomoissa todennäköisesti vain ohjelmointityötä. Erillisjärjestelmässä tietokoneisiin on asennettava valvomo-ohjelmistot, jotka pitävät sisällään graafiset prosessikaavionaäytöt, mittausseurannan (trendit) sekä raportointiohjelman (mahdollisesti erillinen).

Valvonta-, asetus- ja ohjausnäytöt ja trendiseurannat suunnitellaan detaljisuunnitteluvaiheessa.

Koska valvomoissa on 24 h päivystys ei jatkohälytyksiä päivystäjän GSM-puhelimeen tai muualle tarvita.

2.7.3 Pumppaamo ja purkuhaarat

Automaation toteutuksen periaatekaavio pumppaamosta ja purkuhaaran säätöasemasta on esitetty piirustuksessa 019.

Kun pumpuilla on taajuusmuuttajat, voidaan pumppaamoa käyttää joko imulataan pinnankorkeusmittauksen ohjaamana suhdesäätönä tai virtaamaohjatusti. Pinnankorkeusohjaus on tarpeen, jos tulovirtaama pumppaamolle vaihtelee paljon. Tällöin pumpataan niin paljon vettä, kuin Puhdasvesiviemäristä 1 tulee ja vasta pumppujen kapasiteetin ylittyessä vettä menee ylivuotoon. Pinnankorkeussäädössä pumpuille asetetaan rajat minimi- ja maksimipumppaustehoille sekä pumppujen pysäytykselle ja käynnistykselle. Jos virtaamamittausta halutaan

käyttää säätöön, tarvitaan mittaus lähtöpumppaamon tuntumaan. Kokonaisvesimäärän virtaamamittaus olisi samalla hyvä kontrolli purkuhaarojen mittausten summalle. Virtaamamittaussäädöissäkin tarvitaan pumpuille pinnankorkeusmittauksen ohjaama pysäytysraja kuivakäyntisuojaus.

Seuraavat laitteet ja mittaukset kytketään automaatiojärjestelmään:

- säätöventtiilit (säätöasemilla)
- pumpput (pumppaamolla)
- virtaamat
- paineet
- lämpötilat
- kulunvalvonta
- sähköenergiamittaukset
- tieto sähkökatkosta

Lämpötila- ja virtaamatietojen perusteella automaatiojärjestelmässä kannattaa laskea kustakin pisteestä kanavaan puretut lämpömäärät, jolloin lämpötase saadaan hallituksi.

2.7.4 Automaation viestiliikenneyhteydet

Viestiliikenne on suunniteltu toteutettavaksi valokaapelilla. Kuvassa 018 esitetty alakeskusten välinen valokaapeliyhteys kannattaa toteuttaa kanavan nykyisen lähiverkon puitteissa, jos sen kapasiteetissa on varaa. Suluilla olevilta reitittimiltä vedetään tällöin valokaapelihaarat ala-asemille. Näissä haaroissa voitaisiin käyttää monimuotokuitua, jonka päättäminen ja päätelaitteet ovat huomattavasti halvempia kuin yksimuotokuidulla. Monimuotokuidussa häviöt ovat suuremmat kuin yksimuotokuidulla ja pisimmän siirtomatkan tulee olla enintään 2 km. Nykyiseen järjestelmään tukeuduttaessa ei ylipitkiä siirtomattoja tule, koska kullakin purkupisteelle signaali saadaan vahvistettua. Erillistoteutuksessa olisi tarpeen käyttää yksimuotokuitua.

Valokaapeli on varmatoiminen ja nopea viestiliikennevaihtoehto. Merenkululaitoksen käyttöönsä varaamat kuidut Saimaan kanavan nykyisestä valokuitukaapelista ovat jo käytössä. Jos tukeutuminen kanavan nykyiseen lähiverkkoon ei ole mahdollista, voidaan nykyisen valokaapelin vapaana olevia kuituja vuokrata ja hoitaa reititys sulkujen kautta kuten kuvattiin edellä tai asentaa kokonaan uusi valokaapeli. Kanavalla ei ole näköpiirissä laajenevia tarpeita valokaapeliyhteyksille ja nykyisessä kaapelissa on vuokrattavissa olevia kuituja vapaana. Uudelle kaapelille ei siis löytyne kustannusten jakajia.

Valokaapeli kannattanee asentaa samaan kaivantoon kuin lämpimän veden runkolinja, jolloin asennuskustannukset jäävät minimiin. Valokaapelin asennus samaan kaivantoon vesijohtoputken kanssa vaatii huolellisuutta huoltotöiden ja vauriokorjausten kaivujen yhteydessä, mutta pienentää satunnaisten vaurioiden riskiä.

Jos tukeudutaan nykyiseen lähiverkkoon selvittää noin 10 kilometriä lyhyemmällä valokaapelin kokonaispituudella kuin erillisverkkoratkaisussa. Tällöin vain

purkupisteille 26 ja 27 menevä valokaapeli tarvitsee asentaa veteen. Vesistö-asennustapaa täytyy tarkentaa yleissuunnitteluvaiheessa.

Sähkön nykyisten ilmajohtojen siirtäminen vesijohtokaivantoon saattaa olla taroituksenmukaista lämpimän veden jakelulinjan rakentamisen yhteydessä. Sitä ei ole tämän suunnitelman kustannustarkastelussa kuitenkaan huomioitu, koska tarve ei liity lämpimän veden jakeluun.

Valokaapeliyhteys vaatii valokaapelin lisäksi mm. valokuitutransceiverit ja päätelaitteet jokaisen alakeskuksen yhteyteen sekä jonkin verran muita asennukseen liittyviä tarvikkeita. Lisäksi valokaapeli vaatii asennuksen yhteydessä hitsaustöitä n. 3-4 h päätettä kohti. Valokaapeliväylään joudutaan mahdollisesti rakentamaan kaapelikaivoja sopivin välimatkoin, joka lisää hieman kustannuksia.

Viestiliikenneyhteyksien hoitamiseksi teoreettisia vaihtoehtoja valokaapelille ovat radiomodeemi ja parikaapeli. Radiomodeemit vaativat omat liikennöinti- taajuudet, antennit ja tarvittaessa mastot kohteisiin sekä tarvittaessa erillisiä tukiasemia kohteiden välille. Radiomodeemiverkon kustannukset riippuvat hyvin paljon maaston mäkisyydestä. Radiomodeemiverkon käyttökustannukset ovat hyvin halvat (100 mk/vuosi). Kokonaiskustannuksena radiomodeemiverkko on hieman halvempi kuin valokaapeli. Radiomodeemin käyttöoikeuden saaminen Venäjän puolelle lieenee kuitenkin niin vaikeaa, että vaihtoehto ei ole realistinen.

Parikaapeliyhteys olisi teknisesti riittävän tasoinen, vaikkakin valokaapelia hitaampi ja herkempi välittämään ukkosiskuja. Kustannussäästöt valokaapeliin nähden olisivat kuitenkin minimaaliset. Puhelinlinjayhteydet (kiinteä lanka) tulevat kyseeseen lähinnä varajärjestelmänä, mikäli systeemiin halutaan lisävarmuutta valokaapeliyhteyden katkeamisen varalle. Kiinteillä puhelinlinjoilla ei ole taloudellista hoitaa jatkuvaa seurantaa.

3 PUTKIMATERIAALIN TARKASTELU

3.1 Tarkasteltavat putkimateriaalit

Putkijohdon rakennuskustannuksia tarkasteltiin käyttäen kahta vaihtoehtoista materiaalia: terästä ja kovaa polyeteeniä (PEH). Putkimateriaalina voisi tulla kyseeseen myös valurauta tai lasikuitu, mutta tarkastelua ei katsottu tässä vaiheessa tarpeelliseksi laajentaa niitä kattavaksi. Valuraudasta ei Suomessa enää valmisteta vesijohtoputkia eikä lasikuidusta ei ole kokemuksia näin mittavien hankkeiden toteuttamisessa.

Karkea hintatarkastelu pallografiittivalurautaputkesta (SG-valurauta) osoitti, että materiaali on syytä pitää mukana yleissuunnitteluvaiheen tarkemmassa putkimateriaalien tarkastelussa. Putken materiaalikustannukset (käsiteltynä tässä suunnitelmassa tarkastellun teräsputken korroosiosuojaa ja eristävyyttä vastaavalle tasolle) muodostuvat terästä kalliimmiksi mutta halvemmiksi kuin PEH. Valurautaputken vetoa kestävät muhviilitokset nopeuttavat putken asentamista.

3.2 Kova polyeteeni, PEH

Standardin mukaisen polyteeniputken laskennallinen käyttöikä on vähintään 50 vuotta, jos siinä johdetaan puhdasta vettä enintään nimellispaineella veden lämpötilan ollessa 20 °C. Pitkäaikaikäkäytössä putken paineenkestävyys laskisi kertoimella 0,63 veden lämpötilan ollessa jatkuvasti 30 °C. Koska putkea on tarpeen käyttää vuosittain vain noin neljän kuukauden ajan, paineenkestävyyden lasku ei ole yhtä nopeaa kuin jatkuvassa käytössä. Paineenkestävyyden lasku huomioiden kestää PN 10 putki 8 bar painetta lähes 10 vuotta, mikä vastaa laskennallista 30 vuoden käyttöikää Saimaan kanavan käytössä. Jos korkeampaa painetta on tarpeen pitää yllä, lyhenee putken käyttöikä, ellei käytetä korkeamman paineluokan putkea.

Jakeluputkistoon syötettäväksi suunnitellun veden laatu ei syövytä PEH-putkea. PEH-putkea käytettäessä veden pitkäaikainenkaan seisominen verkostossa ei aiheuta putkeen syöpymiä. Siksi vettä tarvitsee johtaa jakeluverkostoon vain talven käyttötilanteissa. PEH-putkesta ei irtoa veteen haitta-aineita.

PEH-putki ei vaadi erillistä pintakäsittelyä, vaan kestää sellaisenaan veden kemialliset ominaisuudet. Lujuusvaatimus tekee polyteenin seinämäpaksuuksista isoissa putkikokoluokissa huomattavan suuria, mikä nostaa putken hintaa. Polyteenin eristävyys on sinällään kohtuullisen hyvä. Tässä suunnitelmassa käytetty lämmönjohtavuudelle arvoa $\lambda = 0,42 \text{ W/}^\circ\text{C/m}$; eri muovilaatujen λ -arvot on tarkistettava seuraavan suunnitteluvaiheen materiaalivertailussa.

Tässä suunnitelmassa on tarkasteltu seuraavia PE 80 (PEH 63) 10 bar nimellispainetta kestäviä putkia:

Taulukko 3 PEH-putken halkaisijat ja seinämäpaksuudet

Putken halkaisija		Seinämä
ulko	sisä	paksuus
mm	mm	mm
900	767	66.2
800	682	58.9
710	606	52.2
560	478	41.2

PE 100 – putket antaisivat PE 80 – putkia vastaavan lujuuden ohuemmilla seinämävahvuuksilla. Tällöin putken materiaalikustannukset, mutta myös eristävyys olisivat pienemmät. PE 100 on melko uusi tuote, josta ei kentällä ole vielä pitkäaikaikäkäyttökokemuksia, mikä heikomman eristävyyden ohella antaa perusteen pidempään käytössä olleen PE 80 materiaalin käytölle tässä vertailussa.

3.3 Pintakäsitelty teräs

Teräksen mekaaninen kestävyys on hyvä virtaavan veden lämpötilasta riippumatta. Teräsputki on suojattava korroosiota vastaan sekä sisä- että ulkopuolelta. Juomavesikäytössä parhaana sisäpuolen suojauksena pidetään betonointia. Betonipinnoitus antaa kattavan suojan, sillä kuljetuksen, asennuksen tai käytön aikana

syntyvät halkeamat paikkaantuvat itsestään. Betonointi muodostaa alkalisen ympäristön teräksen pintaan, mikä osaltaan vähentää teräksen syöpymistä.

Pitkään putkessa seisova vesi voi saada aikaan teräksen syöpymistä. Putkistoon syötettäväksi suunnitellussa vedessä on jonkin verran happea kuluttavaa ainesta. Jos vesi menee hapettomaksi, muuttuvat sen ominaisuudet teräksen kannalta aggressiivisemmiksi. Jos vedessä on paljon kloridia, kasvaa pistesyöpymien riski veden seisoessa. Putkiston 30 – 50 vuoden käyttöiän varmistamiseksi on syytä varautua juoksuttamaan vettä ympäri vuoden esim. kerran viikossa noin 8 tunnin ajan. Toinen varautumisvaihtoehto on pitää yllä jatkuvaa virtausta (noin 100 m³/h) silloinkin, kun lämpöä ei kanavaan tarvita. Veden laadun vaihteluiden ja pumppaustarpeen tarkastelua on syytä tarkentaa yleissuunnitteluvaiheessa.

Teräsputken ulkopuolisena suojauksena käytetään normaalisti 3-kerrospinnoitetta, jossa on ohut epoksikalvo, adheesiomuovi sekä vähintään 3 mm HD-polyeteeni. Rautaruukki Oyj:n mukaan uloimmaisena pinnoitteen pak-suutta voidaan kasvattaa ja polyeteenin tyyppiä vaihtaa, mikä parantaisi läm-möneristysominaisuuksia. Rautaruukilla pystytään kertalevityksellä laittamaan korkeintaan 10 mm muovikerros putken ulkopinnalle.

Rautaruukin käyttämän HD-polyeteenin lämmönjohtavuuskerroin $\lambda = 0,52$ W/°C/m ja LD-polyeteenin $\lambda = 0,35$ W/°C/m, eli LD-PE on 1,5 kertaa parempi eriste kuin HD-PE. Paremman kulutuskestävyytensä vuoksi normaalisti käyte-tään HD-PE:tä, mutta LD-PE:täkin on käytetty. Sitä käytettäessä on kuljetus- ja asennusaikaisten vaurioiden välttämiseen kiinnitettävä huomiota.

Tässä suunnitelmassa on tarkasteltu seuraavan tyyppisiä teräsputkia:

Taulukko 4 Teräsputken halkaisijat sekä seinämä- ja pinnoitepaksuudet

Putken halkaisija		Teräs seinämä	Sisäpuoli betonointi	Ulkopuolen suojaus	
ulko	sisä			epoksi + ad- heesiomuovi	LD-PE
mm	mm	mm	mm		mm
813	777	8,0	10	on	10
711	677	7,1	10	on	10
610	580	7,1	8	on	10
508	479	6,3	8	on	10

Putken sisäpuolen betonoinnista liukenee kalsiumhydroksidia, mikä nostaa pur-kautuvan veden alkaliteettia ja pH:ta. Putken ollessa uusi ja veden seisottua put-kessa pitkään saattaa pH nousta jopa yli arvon 11. Tällä saattaa olla paikallisia haittavaikutuksia vesiekosysteemeissä. Purkautuvan veden sekoittuminen ympä-röivään veteen rajoittaa vaikutusten laajuutta ja käytön jatkuessa pH-vaikutus muuttuu vähäiseksi. Yleissuunnitteluvaiheessa ympäristövaikutusten arviointia on syytä tarkentaa.

3.4 Polyuretaanilla esieristetty teräs

Maaperä toimii melko hyvänä eristeenä, kunhan putki upotetaan riittävän syväl-le. Jos kaivantoa ei voida tehdä tai sitä ei ole taloudellista tehdä niin syväksi, että

maakerros takaisi riittävän pienen lämpöhukan, voidaan käyttää lisäeristystä. Asennettaessa putki maan pinnalle on kaukolämpöputken tyyppinen ratkaisu kompakti ja kustannustehokas vaihtoehto.

Lämpötila Saimaan kanavaan jaettavassa vedessä on selvästi matalampi kuin kaukolämpöputkissa eikä yhtä paksua eristekerrosta tarvita. Virtausputkena voi olla PEH- tai teräsputki. Virtausputken täytyy kestää samat rasitukset kuin eristämättömänkin putken, eli seinämävahvuudet ovat samoja. Ulkokuorena voidaan käyttää PEH-putkea, jonka seinämäpaksuus on 10 – 20 mm. Sen tehtävänä on suojata eristettä, joka pursotetaan virtausputken ja ulkokuoren väliin. Eriste ja suojaputki toimivat samalla putken ulkopuolen korroosiosuojana.

Ainakin Ruotsissa on suuriakin kaukolämpöputkia asennettu myös veteen. Putket liitetään ja pintakäsitellään sisä- ja ulkopuolelta muuta putkea vastaaviksi rannalla ja valmis putki uitetaan halutulle linjalle. Kun putken pää riittää vastakkaiselle rannalle upotetaan putki pohjaan. Koska putki on erittäin jäykkä, kohdistuu siihen suuria jännityksiä, jos pohja on epätasainen. PEH-putki noudattelee paremmin pohjan muotoa eivätkä jännitykset muodostu yhtä suuriksi. Siksi PEH:iä on tässä suunnitteluvaiheessa pidetty suositeltavampana vaihtoehtona vesistöalustusten osuuksille, vaikka sen eristävyys onkin heikompi.

3.5 Lämpöhukan tarkastelu

Toimeksiantoon kuului vain suuntaa antavan lämpökapasiteettitarkastelun tekeminen. Tarvittavissa lämpömäärissä pitäydettiin Erannin (2000) laskelmiin.

Tässä vaiheessa putken lämpöhäviöstä tehtiin laskelmat KWH Pipe Ltd:ltä saadulla lämpöhäviöohjelmalla. Laskennassa käytettiin seuraavia oletusarvoja ja pelkistyksiä:

- veden lämpötila paalulla 0 = +30 °C
- veden lämpötilan lasku runkolinjassa huomioitiin, käytön oletettiin olevan jatkuvaa kapasiteetilla 1000 l/s
- kanavan veden lämpötilatavoitteena pidettiin +1 °C
- lämpöhäviövuota laskettaessa lämpötilan oletettiin säilyvän kullakin putkikoolla vakiona ja muuttuvan koko osuuden lämpöhäviötä vastaavasti putkikoon vaihtuessa
- maan eristävyydelle käytettiin arvoa, joka vastaa soraista hiekkaa, jonka kosteuspitoisuus on 10 %
- 0,4 m lumikerroksen eristävyys huomioitiin
- lämpöhäviöt vesistöasennuksissa arvioitiin ulkoilmaan asennuksen kaavoilla: (koska liikkuva vesi johtaa liikkuvaa ilmaa tehokkaammin lämmön pois putken pinnalta ja toisaalta veden virtausnopeus järvioltaissa on huomattavasti alle 1 m/s, voidaan arviota pitää suuntaa antavana)
 - ilman lämpötila 0 °C
 - ilman virtausnopeus putken ympärillä 1 m/s
 - putken emissiivisyys 0,8 (vastaa tummaa tiivistä pintaa)
 - arviointikriteerin epävarmuudesta johtuen ei esieristetyllä putkella huomioitu putkikoon pienentymisen alentavaa vaikutusta lämpöhäviöker-toimen arvoon

- laskennoissa materiaaleille käytettiin seuraavia lämmönjohtavuuskertoimen arvoja (λ yksikössä W/°C/m)
 - PEH 0,42
 - teräs 45
 - rst / haponkestävä teräs 16
 - polyuretaani, 80 kg/m³ 0,024
 - betoni 1,7
 - LD-PE 0,35

Kun veden lämpötilan lasku runkolinjassa huomioitiin, päädyttiin taulukon 5 mukaisiin kokonaislämpöhäviöihin eri putkimateriaali ja eristysratkaisuilla. Vesistön alitusten osalta lämpöhäviölaskelma on lähinnä suuntaa antava. Purkuhaarojen lämpöhäviöt katsottiin hyötylämmöksi, mikä edellyttää laittilan kunnollista eristämistä ja putken asentamista maaosuuksilla riittävän syvälle / eristämistä.

Taulukko 5 Runkolinjan kokonaislämpöhäviöt eri materiaalivalinnoilla sekä asennus- ja eristysratkaisuilla

Materiaali		Kokonaishäviöt, %	
		laen syvyys maahan asennuksissa	
		1,4 m	1,0 m
teräs	koko matkalla eristämätön teräsputki *	8,7	9,8
PEH	koko matkalla eristämätön PEH-putki **	6,5	7,2
teräs + PEH	eristämätön teräs maahan asennettaessa, vesistöasennuksessa PEH-putki	7,4	8,5
teräs + lämpö	eristämätön teräs maahan asennettaessa, vesistöasennuksessa esieristetty teräsputki ***	5,6	6,7
PEH + lämpö	eristämätön PEH maahan asennettaessa, vesistöasennuksessa esieristetty teräsputki ***	4,7	5,3

* sisäpuoli betonoitu, ulkopuolella 10 mm LD-polyeteeniä

** PE 80, laskentajännitys 6,3 MPa, PN 10 mukainen seinämäpaksuus

*** betonoitu sisäpuoli, ulkovuoraus 42 mm polyuretaania + 11,4 mm PEH

Vesi jäähtyy runkolinjan viimeiseen purkupisteeseen mennessä taulukon 5 valinnoilla lämpötilaan +25 - +28 °C. Lähtöpumppaamosta runkolinjaan syötettävällä

vedellä on lämmityskapasiteettia noin 126 MW. Veden lämpötilan laskiessa alle $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$ hidastuu sulatusvaikutus ja osa tehosta menee kanavan jääkontrollin kannalta hukkaan mm järviosuuksilla. Kanavaan saadaan taulukon 5 häviöt huomioiden purettua 110 – 116 MW (lämpötila $> +1\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Eranti (2000) laski 10 päivää kestävä $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ pakkasjakson jäänmuodostuksen olevan hallittavissa noin 125 MW hyötylämpömäärällä, mikäli lähtötilanteessa ollaan lähellä lohkarējään paksuuden alarajaa. Lämmöntarvelaskelmissa on vielä paljon epävarmuustekijöitä ja lopullinen mitoitusarvo vielä hakematta. Lämpöenergian syöttömitoituksessa haetaan kohtuullista tasapainoa lämpöenergian syötön, operatiivisten toimenpiteiden ja riskien välillä.

Erannin (2000) laskelmien mukaan tarvitaan kanavaosuuksilla noin 100 MW lämmitystehoa $-13\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. Jos tätä lämpötilaa pidetään mitoitusarvona, vaikuttaa lämpökapasiteetin varmuuskerroin 1,1 niukalta. Taulukon 5 vaihtoehtoista koko matkalla eristämätön teräsputki vaikuttaa siis eristävyydeltään riittämättömältä. Maaosuuksilla voidaan käyttää terästä, kunhan maata putken päälle jää vähintään 1,4 m. Jos käytetään peittosyvyyttä 0,8 - 1,0 m, päästään eristävydessä vastaavalle tasolle, kun putken päälle asennetaan 1,0 m leveä ja sivuille 0,5 m korkeat pontatut 50 mm finnfoam levyt tai vastaavat. Veteen asennuksessa tulee lämpötalouden kannalta kyseeseen eristämätön PEH-putki tai esieristetty teräsputki.

Kustannusvertailussa lähinnä vertailukelpoinen teräsputken (asennus 1,4 m tai 1,0 m + erityislevyt) kanssa on PEH-putki asennettuna 1,0 m peittosyvyyteen.

Lisäeristysten käytöllä olisi alustavien laskelmien mukaan saavutettavissa 1 – 3 % lisää hyötylämpöenergiaa. Tarkemmat eristeen taloudellisuuslaskelmat kuuluvat yleissuunnitteluvaiheeseen.

4 KUSTANNUSTARKASTELU

4.1 Jakelulinjan kustannusten laskentaperusteet

Kustannusten laskemisessa käytettiin seuraavia laskentaperusteita (arvonlisävero = 0 %):

putkimateriaali ja tarvikkeet

- hinta Rautaruukki Oyj:n ja KWH-Pipe Ltd:n budjettitarjousten perusteella
 - teräsputken hinnassa on huomioitu putken sisäpuolinen betonointi ja ulkopuolinen 3-kerrospinnoite (ohuet epoksikalvo ja adheesiomuovi sekä 10 mm LD-polyeteeni)
 - PEH-putkessa ei tarvita pinnoitteita, seinämäpaksuus laskentajännityksen 6,3 MPa ja nimellispaineen PN 10 mukaan
 - esieristetystä teräksisestä virtausputkesta (813 x 8,8 mm) ja PEH suoja-putkesta (920 x 11,4 mm), joiden väliin ruiskutettu 42 mm polyuretaaania saadun budjettitarjouksen perusteella arvioitiin pienempien putkikokojen hinta materiaalimenekkien suhteessa vastaavilla kerrospaksuuksilla, putkeen sisäpuolinen betonointi

- maahan ja kalliokanaalin asennuksen osalta käytettiin tarkastelussa yllä kuvattuja eristämättömiä putkia
- putken tarvikkeiden kustannukseksi arvioitiin 10 % putken hinnasta, tarvikkeet sisältävät kulmatuet, T-haarat, muotokappaleet, ilmanpoistoventtiilit jne.

asennuskustannukset

- PEH-putken asennuskustannukset on arvioitu yksikköhintaluettelon ja Suunnittelukeskus Oy:n yksikkökustannustiedoston perusteella
- teräsputken asennuskustannus arvioitiin 1,5-kertaiseksi PEH-putkeen nähden (erityisesti liitosten sisäpuolinen hitsaus ja pinnoitus lisäävät kustannuksia)
- esieristetyin putken asennuskustannus arvioitiin 2-kertaiseksi PEH-putkeen nähden

maatyöt

- maan kaivu 40 mk/m^3 , pumppaamon osalta 100 mk/m^3
- maan täyttö 10 mk/m^3
- tasauskerros- ja alkutäyttö, maa 90 mk/m^3
- lopputäyttö, maa muualta tuotuna 60 mk/m^3 (koskee vain kalliokanaalia)
- kaivannon tukeminen pumppaamon osalta 250 mk/m , muilta osin mahdollinen tukemistarve sisältyy yleiskustannuksiin
- kalliolouhint 250 mk/m^3
- maakaivantojen luiskat 3:1
- kalliokanaalin luiskat 5:1

teräsbetonirakenteet

- betoni raudoituksinein paikalla valmiiksi tehtynä 3000 mk/m^3

veteen asennus

- veteen asennus on normaalisti maahan asennusta edullisempi, mikäli ei tarvita ruoppausta, vaihtoehto on töiden ja tarvittavien materiaalien osalta arvioitu 10 % edullisemmaksi kuin maakaivanto 1,0 m peittosyvyydellä
- koska lämpöhukka veteen asennetusta eristämättömästä putkesta on suurempi kuin maahan asennettaessa saattaa lisäeristeen käyttö vesistöalituksissa olla tarpeen, kustannustarkastelussa lähdettiin kuitenkin tässä suunnitteluvaiheessa ensisijaisesti eristämättömästä PEH putkesta
- esieristettyä teräsputkea on tarkasteltu vain materiaalikustannusten osalta

tarvikkeet

- runkolinjan sulkuventtiilit ja T-haarat Oy Lining Ab:n budjettitarjouksen pohjalta
- pumpput AxFlow Oy:n budjettitarjouksen pohjalta
- muut kustannukset arvioitu materiaalitoimittajilta kysellen ja Suunnittelukeskus Oy:n kustannustietoja käyttäen

yleiskustannukset

- yleiskustannuslisä 20 %, kattaen suunnittelun, raivaamisen ja satunnaiset lisätyöt (varautuminen pehmeikköalueilla kaivannon tuentaan ja pohjanvahvistukseen)

arvaamattomat kustannukset

- koska työn toteutusajankohtaa ei ole tiedossa varaudutaan maailmanmarkkinahintojen muutoksiin ja muihin arvaamattomiin kustannuksiin 10 % lisällä loppusummaan

4.2 Putkilinjan kustannukset

Budjettilaskentaa varten laadittujen tarjousten mukaan päädytään taulukon 6 mukaisiin materiaalikustannuksiin. Suurissa kokoluokissa teräsputki tulee materiaalikustannuksiltaan selvästi PEH-putkea edullisemmaksi. PEH-putkella voidaan eristyksestä hieman tinkiä. Esieristetty teräsputki tulee PEH-putkea kalliimmaksi, mutta sen eristävyys on selvästi parempi kuin muilla vaihtoehdoilla.

Taulukko 6 Eristämättömien teräs- ja PEH-putkien ja esieristetyn teräsputken materiaalihintavertailu

Putki	Alustava budjettihinta			Hintasuhte	
DN mm	Teräs* mk/m	PEH** mk/m	Esieristetty teräs*** mk/m	PEH/ teräs	Esieristetty teräs/ PEH
800	1021	1549	1705	1.52	1.10
700	841	1227	1409	1.46	1.15
600	723	966	1214	1.34	1.26
500	584	604	998	1.03	1.65

- * sisäpuoli betonoitu, ulkopuolella 10 mm LD-polyeteeniä
- ** PE 80, laskentajännitys 6,3 MPa, PN 10 mukainen seinämäpaksuus
- *** sisäpuoli betonoitu, ulkopuolella 42 mm polyuretaania + 11,4 mm PEH

Karkea hintatarkastelu pallografiittivalurautaputkesta (SG-valurauta) osoitti materiaalikustannusten (käsiteltynä tässä suunnitelmassa tarkastellun teräsputken korroosiosuojaa ja eristävyyttä vastaavalle tasolle) muodostuvan terästä kalliimmiksi mutta halvemmiksi kuin PEH.

Maahan asennuksessa arvioitiin kustannuksia teräksellä 1,0 m ja 1,4 m peittosyvyyksillä ja PEH-putkella 1,0 m peitolla. Matalampaa peittosyvyyttä käytettäessä teräsputken kustannuksiin lisättiin 50 mm pontatun finnfoam levyn asennus putken päälle 1 m levyisenä ja putken sivuille 50 cm korkuisena.

Kalliokanaalin louhintakulut ovat huomattavat ja lopputäytössä on tarpeen vaihtaa täyttömaat. Alustavan arvion mukaan, jossa on huomioitu esieristetyn putken ja asennuksen hintaero PEH-putkeen sekä tarvittava tuenta, tulee esieristetyn putken pinta-asennuskustannuksiksi 700 – 800 mk/m. Se on siis hieman edullisempi vaihtoehto kuin kalliolouhinta Maan päälle asennettu putki on kuitenkin herkempi vaurioille ja putken tuenta on hankalampaa kuin maahan tai kalliokanaaliin asennetulla putkella. Siksi kallioisiksi arvioiduilla osuuksilla kustannustarkastelun lähtökohdaksi otettiin tässä vaiheessa kalliolouhinta.

Veteen suunniteltiin asennettavaksi vain PEH-putkea. Asennus on maahan asennusta edullisempaa, jos rannalta päästään nopeasti syvään veteen, jossa ruoppaamista ei tarvita. Mikäli putkessa ilmenee vuotoja, on niiden paikallistaminen ja korjaaminen huomattavasti vaikeampaa kuin maahan asennetussa putkessa.

Taulukoissa 7, 8 ja 9 on esitetty alustavat asennuskustannukset eri vaihtoehtoil-
la. Taulukoiden ”Yhteensä”-sarakkeisiin on esitetty lihavoituina edullisimmat
vaihtoehdot kullekin putkikoolle ja asennustavalle. PEH-putken ja teräspu-
tken sisähalkaisijat vastaavat riveittäin toisiaan.

**Taulukko 7 PEH-putken yksikkökustannukset (eristämätön putki, peit-
tosyvyys 1 m, maakaivannon luiskat 3:1, kalliokanaali 5:1)**

Koko DN mm	Putki + tarvikkeet mk/m	Asennus mk/m	Maatyöt ja materiaalit			Yhteensä (sis. 20 % yleiskulut)		
			Maa mk/m	Kallio mk/m	Vesi mk/m	Maa mk/m	Kallio mk/m	Vesi mk/m
900	1700	160	400	1330	360	2720	3840	2670
800	1350	140	360	1190	320	2220	3220	2180
710	1060	130	320	1070	290	1820	2710	1780
560	660	100	260	880	230	1220	1960	1190

**Taulukko 8 Teräspu-
tken yksikkökustannukset (eristelevyt, putken peit-
tosyvyys 1 m, maakaivannon luiskat 3:1, kalliokanaali 5:1)**

Koko mm	Putki + tarvikkeet mk/m	Asennus mk/m	Maatyöt ja materiaalit		Yhteensä (sis. 20 % yleiskulut)	
			Maa mk/m	Kallio mk/m	Maa mk/m	Kallio mk/m
813	1120	240	460	1310	2190	3210
711	930	220	420	1170	1870	2770
610	800	200	380	1040	1650	2440
508	640	140	340	910	1350	2040

**Taulukko 9 Teräspu-
tken yksikkökustannukset (eristämätön putki, peit-
tosyvyys 1,4 m, maakaivannon luiskat 3:1, kalliokanaali 5:1)**

Koko mm	Putki + tarvikkeet mk/m	Asennus mk/m	Maatyöt ja materiaalit		Yhteensä (sis. 20 % yleiskulut)	
			Maa mk/m	Kallio mk/m	Maa mk/m	Kallio mk/m
813	1120	240	420	1480	2140	3410
711	930	220	370	1320	1810	2960
610	800	200	330	1180	1590	2600
508	640	140	290	1030	1290	2190

Alustavien suunnitelmien mukaiset runkolinjan asennustavat ja investointikus-
tannukset putkikokoluokittain jaoteltuina on esitetty taulukossa 10. Investoinnin
yksikkökustannuksina on käytetty taulukoiden 7 – 9 lihavoituja arvoja. Teräspu-
tken käyttö vaatii liitoskohtien sisä- ja ulkopinnoitteiden täydentämisen maastossa
liittämisen jälkeen. Työteknisesti 500 mm putken liitoksien sisäpuolen pinnoitus
on hyvin hankalaa, mikä hinnan lisäksi puoltaa muovin käyttämistä runkolinjan
pienimmässä putkikoossa. Runkolinjan erityisrakenteiden kustannukset on erik-
seen arvioitu kappaleessa 4.3.

Taulukko 10 Runkolinjan asennustavat ja investointikustannukset putki-kokoluokittain

Putkikoko	Linjapituus				Kustannukset			
	maa	kallio	vesi	yhteensä	maa	kallio	vesi	yhteensä
mm	km	km	km	km	mmk	mmk	mmk	mmk
800	16,5	0,9	0	17,4	35.3	2.9		38
700	9	1,1	2,8	12,9	16.3	3.0	6.1	25
600	3.8	1,1	6,9	11,8	6.0	2.7	12.3	21
500	2.4	0,6	1,1	4,1	2.9	1.2	1.3	5
Yhteensä	32	4	11	46	61	10	20	90

Taulukon 10 laskelma on tehty olettaen terästä käytettäväksi putkimateriaalina maahan ja kallioon asennuksessa putkikoolla 800 – 600 mm ja PEH-muovia putkikoolla 500 mm. Vesistöön oletettiin asennettavan PEH-muovia.

4.3 Erityisrakenteet

Linjan erityisrakenteita ovat lähtöpumppaamo, liikenneväylien ja kanavan alitukset, eräät muut runkolinjan erityisrakenteita vaativat rakenteet, purkuhaarat ja runkolinjan sulut. Automaatiojärjestelmän kustannukset käsitellään myös tässä luvussa. Seuraavan sivun taulukkoon 11 on koottu näiden erityisrakenteiden alustavat kustannusarviot.

Lähtöpumppaamon kustannusarvion lähtökohtana on piirustuksen 016 tyyppinen rakenne. Pumppaamon hinnassa on huomioitu arvioitua putkistoliityntäkustannukset Kaukaan tehtailla. Pumppaamon toteuttaminen saattaa tulla arvioitua kalliimmaksi, sillä sen tarkka sijoituspaikka Kaukaan tehdasalueelle on tarkoitus suunnitella vasta yleissuunnitteluvaiheessa.

Tämän esisuunnitelman lähtökohdaksi annettiin tilanne, jossa tasainen 1000 l/s ja +30 °C virtaama on käytettävissä. Käytännössä siihen pääseminen saattaisi vaatia tehtaan kahden eri lauhdutusvesijakeiden hallittua sekoittamista ja suurempaa pumppaamon imuallasta kuin piirustuksessa 016 on esitetty. Linjan lähtöpään suunnitelmia onkin tarkennettava yleissuunnitteluvaiheessa.

Runkolinjan erityisrakenteissa on huomioitu alustavan tarkastelun perusteella hankalat rakennuskohteet. Hinta-arviot perustuvat karttatarkasteluun ja yleispiirteiseen maastokatselmukseen ja ne tarkentuvat suunnittelutarkkuuden kasvaessa.

Purkuhaarojen laitetilän kustannukset on laskettu paikalla valetun kuvan 017 mukaisen rakenteen mukaan. Rakennustöiden kustannusosuus on noin 70 000 mk purkuhaaraa kohti. Jos laitetila toteutetaan 2 m rengaskaivona, jonka huoltavuus on selvästi huonompi, voidaan rakennuskustannuksissa säästää noin 40 000 mk purkuhaaraa kohti (yhteensä maksimissaan 0,8 mmk).

Automaation kaukokäyttökusten kustannuksissa on huomioitu ohjelmointia vaativat muutokset nykyiseen järjestelmään ja kannettava tietokone. Mikäli jär-

jestelmä toteutetaan nykyjärjestelmästä erillään, nousevat kustannukset valvojen osalta noin 170 000 mk.

Valokuitukaapelin hintana asennuksineen käytettiin 25 mk/m. Lämpimän veden runkolinjan kohdalla maatoille ei laskettu kustannuksia ylimääräiset liittynät paikallisverkkoon sulkujen kohdalla laskettiin erikseen 70 cm kaivussyvyyden mukaan. Sulkujen kohdalla mahdollisesti tarvittavia kaapelivedon erityisjärjestelyjä ei huomioitu.

Taulukko 11 Alustava kustannusarvio Saimaan kanavan lämpimän veden jakelujärjestelmän erityisrakenteista

Kohde	mmk
Lähtöpumppaamo, yhteensä	4.4
rakennus (tuettu kaivu, materiaalit, varusteet, työt)	1.2
koneisto (pumput, venttiilit, putkisto, työt)	1.6
sähkö + automaatio (taajuusmuuttajat, verkkomuuntajat, virtausmittaus, alakeskukset, ym.)	0.9
yleiskustannus	0.7
Runkolinjan erityiskohteet, yhteensä	1.8
putkikoko ja kohteet	
800 3 x sillan alitus tien vierellä, 4 x tien alitus, kanavan alitus, maakaasulinjan ylitys, ripustus Tuohimäen lappopadon rakenteisiin	1.0
700 2 x tienalitus	0.2
600 2 x tienalitus, purkupiste 27 erityisjärjestelyt	0.4
500 kanavan alitus, tienalitus	0.2
Purkuhaarat, yhteensä	7.3
rakennus (kaivu, materiaalit, varusteet, työt)	2.1
koneisto (purkuhaaran venttiilit, putkisto, työt)	2.3
sähkö + automaatio (virtaus, paine, 2 x lämpötila)	1.7
muut	1.2
Runkolinjan sulkuventtiilit, yhteensä (sis. toimilaitteen)	0.5
putkikoko ja sulut: (800) 4 x 62 000 mk, (700) 3 x 51 000 mk, (600) 2 x 40 000 mk, (500) 1 x 27 000 mk	
Automaation kaukokäyttökeskukset ja valokaapeli, yhteensä	1.0

4.4 Käyttökustannukset

Kahden pumpun ottama teho 1000 l/s vesimäärän nostamiseksi 80 m korkeuteen on noin 1100 kW. Jos pumppausta oletetaan käytettävän täydellä kapasiteetilla noin kaksi kuukautta vuodessa ja 50 % teholla toiset kaksi ja sähköenergian hinnaksi 40 p/kWh, saadaan vuotuisiksi pumppauskustannuksiksi aktiivikäyttöajalta noin 950 000 mk.

Teräsputkea käytettäessä on syytä varautua viikoittaiseen pumppaukseen putkessa olevan veden vaihtamiseksi. Tämä tulee vuositasolla maksamaan enintään 120 000 mk.

Hoito ja kunnossapitokustannukset on arvioitu suhteutettuna investointikustannukseen ja muualta saatuihin käyttökokemuksiin. Niiden suuruusluokka on pumppaamon osalta 90 000 mk (2 % investoinnista) ja putkilinjan osalta 400 000 mk (0,4 % investoinnista). Vuosittaisten käyttökustannusten suuruusluokaksi saadaan näin 1,4 – 1,6 mmk.

4.5 Investoinnin kokonaiskustannukset

Kokoamalla yhteen edellä eriteltyt investoinnin osakustannukset päädytään seuraavaan kokonaiskustannusraamiin (kustannuksiin sisältyy 20 % yleiskustannuslisä):

• Runkolinja	90,0	mmk
• Runkolinjan erityiskohteet ja venttiilit + valokaapeli	3,6	mmk
• Lähtöpumppaamo	4,4	mmk
• Purkuhaarat	7,3	mmk
• <u>Arvaamattomat kustannukset</u>	<u>9,7</u>	<u>mmk</u>
• Yhteensä	115	mmk

Vuosikustannuksiksi muunnetut investointikulut (korko 5 %, kuoletusaika rakennukset ja putkisto 30 a, koneistot ja muut 15 a) ja käyttökulut ovat taulukon 12 mukaisia:

Taulukko 12 Lämpimän veden jakelun vuosikustannukset

Investoinnit	mmk/a
Runkolinja	5,8
Runkolinjan erityiskohteet ja sulut + valokaapeli	0,3
Lähtöpumppaamo	0,4
Purkuhaarat	0,6
Käyttö	mmk/a
Pumppaus	1,1
Hoito ja kunnossapito	0,5
Yhteensä	8,7

5 TARKASTELU 1800 l/s SYÖTTÖVIRTAAMASTA JA +17 °C LÄMPÖTILASTA

Koska lämpimän veden jakeluun käytettävissä olevasta vedestä ei vielä ole varmuutta, tarkastellaan tässä vertailunomaisesti toista potentiaalista vaihtoehtoa: Saimaan kanavaan pumpataan Kaukaan tehtaille rakennettavan uuden voimalan lauhdevettä, jonka lämpötila on +17 °C. Tämän raportin aikaisempaa tarkastelua vastaavaan lämpö määrään saadaan 1800 l/s virtaamalla.

5.1 Jakelulinja

Kappaleessa 2.1 esitetyt huomiot linjauksesta pätevät ja purkupisteet ovat samoissa liitteen kartoissa esitetyissä kohdissa. Mikäli lämpimät jätevedet siirretään pois Saimaan kanavan vaikutusalueelta eivätkä uudet energialähteet kompensoi muutosta, tarvitaan +17 °C vettä purkaa kanavan alkuosalle maksimissaan noin 270 l/s.

5.2 Jakelulinjan hydraulinen mitoitus

Runkolinjan mitoituksessa lähdettiin kappaleessa 2.2 esitetyistä mitoitusperusteista ja kappaleen 4.2 kustannusvertailussa edullisimmiksi todetuista putkimateriaaleista. Maahan laskettiin asennettavan 1,4 m peittosyvyyteen teräsputkea, jossa on taulukossa 4 esitettyä vastaavat pinnoitteet. Kallioleikkauksiin laskettiin asennettavan vastaavaa teräsputkea 1,0 m peittosyvyyteen ja käytettävän yläpuolista lisäeristelevyä. Veteen laskettiin asennettavan eristämätöntä PEH-putkea.

Runkolinjan putken sisähalkaisijaksi saadaan em. kriteereillä alkupäässä noin 1000 mm ja loppupäässä noin 600 mm. Pienemmällä vesimäärällä vastaavat halkaisijat olivat 800 ja 500 mm. Suuremman vesimäärän mukainen runkolinja jakaantuisi taulukon 13 mukaisiin kokoluokkiin. Tarkempi erittely linjan mitoituksesta on liitteessä 2.

Taulukko 13 Saimaan kanavan lämpimän veden runkolinja

Halkaisija D _{sisä} , mm	Teräs, m		PEH, m veteen
	maahan	louhintaa	
1000	18000	1000	0
900	6700	1000	2800
800	3900	900	5000
700	1780	600	1900
600	1270	200	1130

5.3 Pumppauksen mitoitus

Pumppauksen nostokorkeus ja pumppaamon tyyppi vastaavat kappaleessa 2.3 esitettyä. Pumppujen tuoton pitäisi olla 1.8-kertainen aiemmin esitettyyn nähden ja putkiston hieman esitettyä suurempi. Pumppaamon tilatarpeeseen näillä muutoksilla on vain vähän vaikutusta, eli muutos vaikuttaa lähinnä koneistokustannuksiin.

5.4 Purkuhaarat

Purkupisteet ovat samoja kuin aiemmin esitetyt ja kappaleiden 2.4 – 2.5 huomiot pätevät. Normaalit purkuhaarat mitoitetaan 45 l/s virtaamalle (lämpöteho noin 3 MW) ja suuremmat 90 l/s virtaamalle (lämpöteho noin 6 MW). Normaaleissa purkuhaaroissa käytetään DN 225 muoviputkea ja laitetilassa DN 200 haponkestävää teräsputkea ja magneettista virtausmittausputkea. Kolmessa suuremmassa haarassa käytetään vastaavasti DN 315 ja DN 250 putkia.

Kolmen suuremman purkuhaaran laitetilaa olisi virtaaman mittaustarkkuuden parantamiseksi tarpeen pidentää piirustuksesta 017 noin 80 cm:llä. Virtausnopeus purkuhaaroissa on mitoitusvirtaamalla noin 1.5 m/s. Virtaaman mittaustarkkuus on riittävä seuraavilla virtaamilla:

- mitoitukseltaan 45 l/s haaroissa 16 – 180 l/s
- mitoitukseltaan 90 l/s haaroissa 22 – 240 l/s

5.5 Automaatiojärjestelmä

Jakelujärjestelmän hydraulisen mitoituksen muutoksella ei ole vaikutusta kappaleessa 2.6 esitettyyn automaatiojärjestelmään.

5.6 Tarkastellut runkolinjan putkityypit

Tähän mitoituksen muutostarkastelussa on käytetty kappaleen 3 taulukoiden 3 ja 4 putkien lisäksi taulukossa 14 esitettyjä putkityyppejä. Teräksen sisä- ja ulkopuolinen suojaus on vastaava kuin taulukossa 4 esitetty.

Taulukko 14 Suuremman virtaaman edellyttämät lisäputkikoot

Materiaali	Putken halkaisija		Seinämä
	ulko	sisä	paksuus
	mm	mm	mm
PE80 PEH 63 PN 10	1000	852	74
Teräs	1016	978	9
Teräs	914	878	8

5.7 Lämpöhukan tarkastelu

Kun lämpöhukan suuntaa antava tarkastelu tehtiin vastaavasti, kuin on esitetty kappaleessa 3.5, päädyttiin taulukon 15 mukaiseen kokonaishäviöön.

Taulukko 15 Runkolinjan kokonaislämpöhäviö syötettävän veden virtaaman ollessa 1800 l/s lämpötilan +17 °C

Materiaali	Kokonaishäviöt, %
maaosuuksilla eristämätön teräsputki *, maahan asennettaessa laen peittosyvyys 1,4 m ja kallioleikkauksissa 1,0 m, vesistöasennuksessa PEH-putki **	4,9

* sisäpuoli betonoitu, ulkopuolella 10 mm LD-polyeteeniä

** PE 80, laskentajännitys 6,3 MPa, PN 10 mukainen seinämäpaksuus

Kokonaislämpöhäviö on pienempi kuin aiemmin taulukossa 5 esitetty. Tämä johtuu toisaalta suuremmasta vesimäärästä suhteessa putken ulkopinta-alaan ja toisaalta pienemmästä virtaavan veden ja ympäristön lämpötilaerosta. Laskelman mukaan vesi jäähtyy runkolinjan viimeiseen purkupisteeseen mennessä lämpötilaan +15,5 °C. Lähtöpumppaamosta runkolinjaan syötettävällä vedellä on lämmityskapasiteettia 0 °C lämpötilaan nähden 128 MW, eli pari megawattia enemmän kuin virtaamalla 1000 l/s lämpötilassa +30 °C. Purkuhaaroista saadaan kanavaan 45 l/s virtaamalla 3,2 – 2,9 MW sulatustehoa

5.8 Mitoitusmuutoksen kustannusvaikutus

Putkimateriaalin hinta arvioitiin PEH 1000 putkella 1,24-kertaiseksi PEH 900 putken tarjottuun hintaan nähden. Teräsputkelle kertoimina DN 800 putken tarjottuun hintaan nähden käytettiin 1,13 DN 900 putkelle ja 1,33 DN 1000 putkel-

le. Kertoimet on saatu materiaalimenekki suhteista ja vastaavat suurin piirtein tarjouksen putkikokojen hintasuhteita. Muilta osin kustannustarkastelussa käytettiin kappaleessa 4.1 esitettyjä laskentatapoja.

Runkolinjan putkien yksikkökustannukset on esitetty taulukossa 16. Linjan kokonaiskustannuksiksi tulee noin 124 mmk. Putkiston tarvikkeiden kustannus saattaa suurissa putkikokoluokissa nousta hieman korkeammaksi kuin tässä on huomioitu (10 % putkimateriaalin hinnasta), sillä venttiilien, haarojen yms. valmisosien hinnat nousevat putken materiaalikustannuksia jyrkemmin. Tältäkin osin tarkennettu arvio on tarkoituksenmukaista esittää vasta suunnitelmien tarkentuessa.

Taulukko 16 Putken yksikkökustannukset, teräsputki maahan ja kallioon asennettuna, veteen PEH-putki (1800 l/s, +17 °C)

Koko		Putki + tarvikkeet		Asennus, maatyöt ja materiaalit			Yhteensä (sis. 20 % yleiskulut)		
teräs mm	PEH mm	teräs mmk/m	PEH mmk/m	Maa/ teräs mmk/m	Kallio/ teräs mmk/m	Vesi/ PEH mmk/m	Maa/ teräs mmk/m	Kallio/ teräs mmk/m	Vesi/ PEH mmk/m
1016		1490		920	2010		2890	4210	
914	1000	1270	2110	780	1770	610	2460	3650	3270
813	900	1120	1700	660	1550	520	2140	3210	2670
711	800	920	1350	590	1380	460	1810	2770	2180
610	710	800	1060	530	1240	420	1590	2440	1780

Kokonaiskustannusten jako putkikokoluokittain on esitetty taulukossa 17 ja linjan erityisrakenteiden alustavat kustannusarviot taulukossa 18. Taulukon 18 pohjana on käytetty taulukossa 11 esitettyä arviota. Tarvittavat suuremmat pumput oheislaitteineen vaikuttavat pumppaamon hintaan. Muilta osin erityiskohteiden lisäkustannukset ovat lähinnä marginaalisia.

Taulukko 17 Runkolinjan investointikustannukset putkikokoluokittain (1800 l/s, +17 °C)

Putkikoko		Kustannukset			
teräs mm	PEH mm	maa mmk	kallio mmk	vesi mmk	yhteensä mmk
1016		52.1	4.2	0.0	56.3
914	1000	16.5	3.6	9.2	29.3
813	900	8.3	2.9	13.3	24.6
711	800	3.2	1.7	4.1	9.0
610	710	2.0	0.5	2.0	4.5
Yhteensä		82	13	29	124

Taulukon 17 laskelma on tehty olettaen terästä käytettäväksi putkimateriaalina maahan ja kallioon asennuksessa ja PEH-muovia vesistöön asennuksessa.

Taulukko 18 Alustava kustannusarvio Saimaan kanavan lämpimän veden jakelujärjestelmän erityisrakenteista (1800 l/s, +17 °C)

Kohde	mmk
Lähtöpumppaamo, yhteensä	5,3
rakennus (tuettu kaivu, materiaalit, varusteet, työt)	1,3
koneisto (pumput, venttiilit, putkisto, työt)	2,0
sähkö + automaatio (taajuusmuuttajat, verkkomuuntajat, virtausmittaus, alakeskukset, ym.)	1,1
yleiskustannus	0,9
Runkolinjan erityiskohteet, yhteensä	2,0
Purkuhaarat, yhteensä	7,7
rakennus (kaivu, materiaalit, varusteet, työt)	2,2
koneisto (purkuhaaran venttiilit, putkisto, työt)	2,4
sähkö + automaatio (virtaus, paine, 2 x lämpötila)	1,8
muut	1,3
Runkolinjan sulkuventtiilit, yhteensä (sis. toimilaitteen)	0,8
Automaation kaukokäyttökeskukset ja valokaapeli, yhteensä	1,0

Virtaaman 1800 l/s edellyttämän jakelujärjestelmän investoinnin kokonaiskustannuksiksi saadaan siis (kustannuksiin sisältyy 20 % yleiskustannuslisä):

• Runkolinja	123,7	mmk
• Runkolinjan erityiskohteet ja venttiilit + valokaapeli	3,8	mmk
• Lähtöpumppaamo	5,3	mmk
• Purkuhaarat	7,7	mmk
• Arvaamattomat kustannukset	14,5	mmk
Yhteensä	145	mmk

Vuosikustannuksiksi muunnetut investointikulut (korko 5 %, kuoletusaika rakennukset ja putkisto 30 a, koneistot ja muut 15 a) ja käyttökulut ovat taulukon 19 mukaisia:

Taulukko 19 Lämpimän veden jakelun vuosikustannukset (1800 l/s, +17 °C)

Investoinnit	mmk/a
Runkolinja	8,0
Runkolinjan erityiskohteet ja sulut + valokaapeli	0,3
Lähtöpumppaamo	0,5
Purkuhaarat	0,7
Käyttö	mmk/a
Pumppaus	1,7
Hoito ja kunnossapito	0,6
Yhteensä	11,8

6

TYÖN LÄHDEMATERIAALINA KÄYTETTY AINEISTO

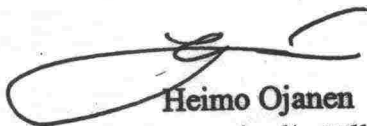
Selvitykset

- Eranti E. 2001, Saimaan kanavan jäätilanteen hallinta uusimman tutkimustiedon valossa, Esa Eranti 5.6.2001, 7 sivua
- Eranti E. 2000, Lämpöenergian käyttömahdollisuudet jäätilanteen hallintaan Saimaan kanavalla, Eranti Engineering Oy 31.1.2000, 11 sivua + 10, 2 ja 1 sivun liitteet
- Merenkulkulaitos Kartta ja väyläosasto 2000, Saimaan kanavan laajentaminen, Alustava yleissuunnitelma, 8 sivua + 19 sivua liitteitä
- Saimaan kanavan geoteknisen työryhmän mietintö, 1966, K. V. Helenelund, E. Arhippainen, K.-H. Korhonen, T. Hailikari, J. Saisto ja E. Slunga, 100 s + liitteet
- Valtion teknillinen tutkimuskeskus 1973, Maaluiskan vakavuus kerrallisessa koheesiomaassa. Tutkimus Saimaan kanavan rakennustyön aikana tapahtuneista sortumista, Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio, Tiedonanto 11, (Eero Slunga) 107 sivua

Kartat

- Peruskartat 1:20 000 vuosilta 1995 – 1997 paperikopiona ja digitaalisessa muodossa kattaen Saimaan kanavan Suomen puoleisen osan
- Merenkulkulaitos, Saimaan kanavan merikorttisarjat vuosilta 1968 ja 2000
- Merenkulkulaitos Kartta ja väyläosasto 2000, Saimaan kanavan laajentamisen alustavaan yleissuunnitelmaan liittyvä digitaalinen maastomalli ja pohjakartat sekä maa- ja kallioperätutkimuksia 1/1999 – 1/2000
- Merenkulkulaitos, Saimaan kanavan rakennusaikaiset maaperätutkimustiedot sekä kanavan pituus- ja poikkileikkaukset
- Lappeenrannan kaupungin kaavakartat ja kaavoitus suunnitelmat
- Nuijamaan kaavakartta ja kaavoitus suunnitelmat

SUUNNITTELUKESKUS OY



Heimo Ojanen
suunnittelupäällikkö, ins.



Jukka Yli- Kuivila
projektipäällikkö, dipl.ins.

LIITTEET

- | | |
|---------|---------------------------------------|
| Liite 1 | Putkistojärjestelmä, +30 °C, 1000 l/s |
| Liite 2 | Putkistojärjestelmä, +17 °C, 1800 l/s |
| Liite 3 | Piirustukset luettelon mukaan |

Putkistojärjestelmä, syötettävän veden lämpötila +30 °C ja virtaama 1000 l/s

Purkupiste N:o	Purkuhaara		Runkolinja			Häviö		Kanavan pinta HW	Paine- korkeus + mvp	Huomautus
	pituus m	mitoitus l/s	mitoitus l/s	osuus m	D _{sisä} mm	osuus m	summa m			
Pumppaus			1000						80.0	Kaukaan linjaus?
Varaus I	100	25	1000	2600	800	9.4	9.4	76.8	73.8	
Varaus II	50	25	1000	1680	800	6.0	15.4	76.8	67.8	
Varaus III	50	25	1000	1520	800	5.5	20.9	64.4	74.7	Tien ali
1	25	25	1000	420	800	1.5	22.4	57.1	80.5	Kanavan alitus
2	90	25	975	820	800	2.9	25.3	57.1	77.6	
3	25	25	950	980	800	3.3	28.6	57.1	74.3	
4	60	25	925	1020	800	3.3	31.9	57.1	71.0	Maakaasuputken yli
5	30	25	900	2040	800	6.1	38.0	57.1	64.9	Lappokanavan ali tai yli
6	25	25	875	1140	800	3.3	41.3	48.8	69.9	Tien ali
7	25	25	850	980	800	2.7	44.0	48.8	67.2	
8	25	25	825	1000	800	2.6	46.6	48.8	64.6	
9	25	25	800	1000	800	2.4	49.0	48.8	62.2	Ojan yli tai ali
10	25	25	775	820	800	1.9	50.9	48.8	60.3	Tien ali
11	25	25	750	1380	800	3.0	54.0	48.8	57.3	
12	25	25	725	1600	700	6.4	60.4	48.8	50.9	Soskuanjoen yli, ka- pea kannas
13	50	25	700	1300	700	4.9	65.3	48.8	45.9	Kapea kannas
14	50	25	675	780	700	2.8	68.1	48.8	43.1	Kapea kannas, Van- han kanavan ali 20 m
15	25	25	650	900	700	3.1	71.2	48.8	40.0	
16	30	50	625	870	700	2.6	73.8	48.8	37.4	Ojan yli tai ali
Varaus 16II	40	25	600	1130	700	3.2	76.9	48.8	34.3	Tien ali x 2
			600	1920	700	5.4	82.3	48.8	28.9	
17	25	25	600	1100	700	3.1	85.4	48.8	25.8	
18	25	25	575	740	700	1.9	87.3	48.8	23.9	
19	25	25	550	940	700	2.3	89.6	48.8	21.6	
20	25	25	525	820	700	1.8	91.4	48.8	19.8	
21	25	25	500	780	700	1.6	92.9	48.8	18.3	
22	70	25	475	980	600	4.0	97.0	48.8	14.3	Purkuputki veteen
23	50	25	450	1300	600	4.7	101.6	37.1	21.3	Tien ali
24	120	25	425	660	600	2.2	103.8	26.9	29.3	Purkuputki veteen
25	25	25	400	1580	600	4.7	108.5	26.9	24.6	
Varaus 25II	40	25	375	1000	600	2.6	111.1	21.4	27.5	Tien ali
26	25	50	375	3500	600	9.1	120.2	21.4	18.4	
27	25	25	350	1360	600	3.1	123.4	21.4	15.2	
28	25	25	325	820	600	1.6	125.0	21.4	13.6	
29	25	50	300	720	600	1.2	126.2	21.4	12.4	
30	25	25	275	1380	500	5.5	131.8	10.0	18.2	
31	25	25	250	1040	500	3.2	135.0	10.0	15.0	Kanavan alitus
32			225	1560	500	4.1	139.0	1.8	19.2	
Suomi	560			25 900			82.3			
Venäjä	540			20 280			56.7			
Yhteensä	1100			46 200			139			



Putkistojärjestelmä, syötettävän veden lämpötila +17 °C ja virtaama 1800 l/s

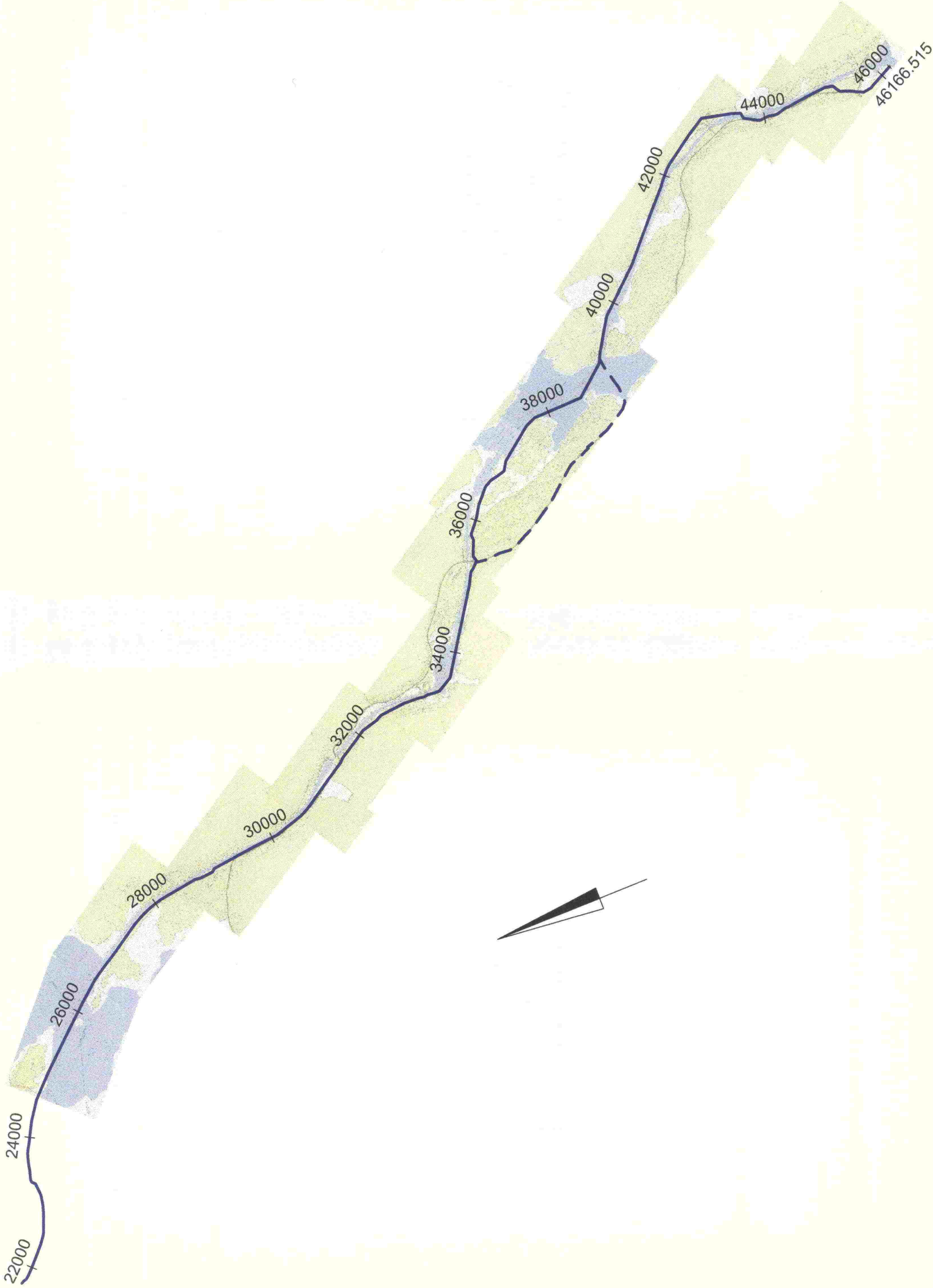
Purkupiste N:o	Purkuhaara		Runkolinja			Häviö		Kanavan pinta HW	Paine- korkeus + mvp	Huomautus
	pituus m	mitoitus l/s	mitoitus l/s	osuus m	D _{sisä} mm	osuus m	summa m			
Pumppaus			1000						80.0	Kaukaan linjaus?
Varaus I	100	45	1800	2600	1000	10.1	10.1	76.8	73.1	
Varaus II	50	45	1800	1680	1000	6.6	16.7	76.8	66.5	
Varaus III	50	45	1800	1520	1000	5.9	22.6	64.4	73.0	Tien ali
1	25	45	1800	420	1000	1.6	24.3	57.1	78.6	Kanavan alitus
2	90	45	1755	820	1000	3.1	27.4	57.1	75.5	
3	25	45	1710	980	1000	3.5	30.9	57.1	72.0	
4	60	45	1665	1020	1000	3.6	34.5	57.1	68.4	Maakaasuputken yli
5	30	45	1620	2040	1000	6.7	41.2	57.1	61.7	Lappokanavan ali tai yli
6	25	45	1575	1140	1000	3.6	44.9	48.8	66.3	Tien ali
7	25	45	1530	980	1000	2.9	47.8	48.8	63.4	
8	25	45	1485	1000	1000	2.9	50.7	48.8	60.5	
9	25	45	1440	1000	1000	2.7	53.4	48.8	57.8	Ojan yli tai ali
10	25	45	1395	820	1000	2.1	55.5	48.8	55.7	Tien ali
11	25	45	1350	1380	1000	3.3	58.8	48.8	52.4	
12	25	45	1305	1600	1000	3.5	62.4	48.8	48.8	Soskuanjoen yli, ka- pea kannas
13	50	45	1260	1300	900	5.2	67.6	48.8	43.6	Kapea kannas
14	50	45	1215	780	900	2.7	70.2	48.8	41.0	Kapea kannas, Van- han kanavan ali 20 m
15	25	45	1170	900	900	2.9	73.1	48.8	38.1	
16	30	90	1125	870	900	2.6	75.7	48.8	35.5	Ojan yli tai ali
Varaus 16II	40	45	1080	1130	900	3.2	78.9	48.8	32.3	Tien ali x 2
			1080	1920	900	5.4	84.2	48.8	27.0	
17	25	45	1080	1100	900	3.1	87.3	48.8	23.9	
18	25	45	1035	740	900	1.9	89.2	48.8	22.0	
19	25	45	990	940	900	2.3	91.5	48.8	19.7	
20	25	45	945	820	900	1.8	93.3	48.8	17.9	
21	25	45	900	780	800	2.7	96.0	48.8	15.2	
22	70	45	855	980	800	3.0	99.0	48.8	12.2	Purkuputki veteen
23	50	45	810	1300	800	3.6	102.6	37.1	20.3	Tien ali
24	120	45	765	660	800	1.7	104.3	26.9	28.8	Purkuputki veteen
25	25	45	720	1580	800	3.6	107.9	26.9	25.2	
Varaus 25II	40	45	675	1000	800	2.0	109.9	21.4	28.7	Tien ali
26	25	90	675	3500	800	7.0	116.9	21.4	21.7	
27	25	45	630	1360	700	4.8	121.7	21.4	16.9	
28	25	45	585	820	700	2.5	124.2	21.4	14.4	
29	25	90	540	720	700	1.9	126.1	21.4	12.5	
30	25	45	495	1380	700	3.0	129.1	10.0	20.9	
31	25	45	450	1040	600	3.7	132.9	10.0	17.1	Kanavan alitus
32			405	1560	600	4.8	137.7	1.8	20.5	
Suomi	560			25 900		82.3				
Venäjä	540			20 280		56.7				
Yhteensä	1100			46 200		139				



PIIRUSTUSLUETTELO

001	Yleiskartta 1 : 50 000, plv 0 – 25 000
002	Yleiskartta 1 : 50 000, plv 25 000 – 46 166
003	Asemapiirustus 1 : 10 000, plv 0 – 9 500
004	Asemapiirustus 1 : 10 000, plv 9 500 – 17 100
005	Asemapiirustus 1 : 10 000, plv 17 100 – 25 300
006	Asemapiirustus 1 : 10 000, plv 25 300 – 32 500
007	Asemapiirustus 1 : 10 000, plv 32 500 – 40 300
008	Asemapiirustus 1 : 10 000, plv 40 300 – 46 166
009	Pituusleikkaus 1 : 10 000 / 1 : 200, plv 0 – 6 000
010	Pituusleikkaus 1 : 10 000 / 1 : 200, plv 6 000 – 14 000
011	Pituusleikkaus 1 : 10 000 / 1 : 200, plv 14 000 – 22 000
012	Pituusleikkaus 1 : 10 000 / 1 : 200, plv 22 000 – 30 000
013	Pituusleikkaus 1 : 10 000 / 1 : 200, plv 30 000 – 36 000
014	Pituusleikkaus 1 : 10 000 / 1 : 200, plv 36 000 – 44 000
015	Pituusleikkaus 1 : 10 000 / 1 : 200, plv 44 000 – 46 166
016	Lähtöpumppaamo 1 : 100
017	Purkuhaarojen laitetilä 1 : 50
018	Automaation ja tiedonsiirron järjestelmäkaavio
019	Pumppaamon ja säätöaseman automaatioon liitettävien laitteiden periaatekaaviot
020	Tyypikuva purkuhaarasta 1 : 200, 1 : 100, 1 : 20



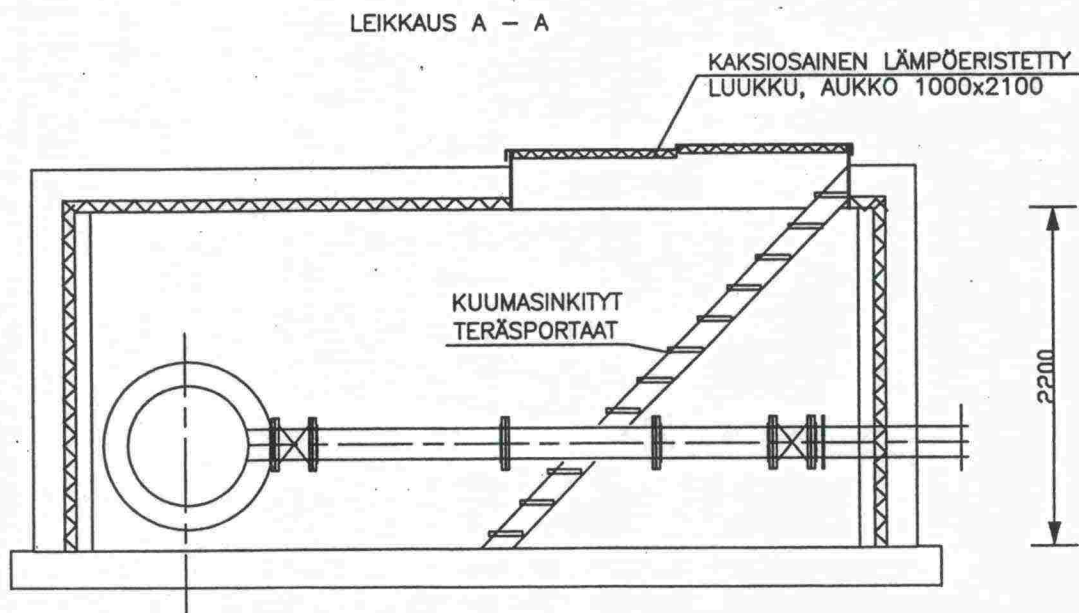
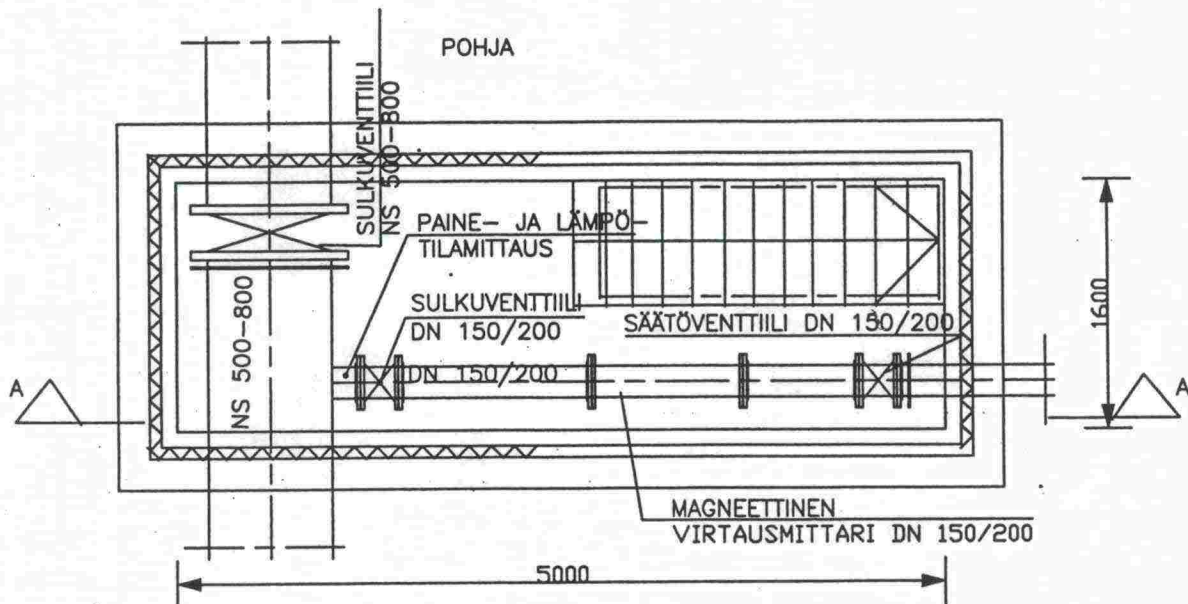
MUUTOS		PVM.	
TYÖ SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUPUTKISTON ESISUUNNITELMA			
PIIRUSTUS YLEISKARTTA PLV 0-25000			
 Merenkulkulaitos Kartta- ja väyläosasto		TUTK.	PIIRT.
		SUUNN.	MITTAK. 1:50000
		TARK.	PVM. 14.12.2001
		HYV.	PIIR. NRO 001
MERENKULKULAITOS Kartta- ja väyläosasto SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUPUTKISTON ESISUUNNITELMA		YLEISKARTTA PLV 0-25000 Mittakaavat 1:50000	
 SUUNNITTELUKESKUS OY		Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero Muutos	
Osoite: Osoite 6, PL 68, 00521 HELSINKI, puh (09)15641, fax (09)145150		VYT 3372-C1665 001	
Päiväys Suunn. J.YLI-KUIVILA 14.12.2001 Hyv. H.OJANEN		Yhteystiedot HEIMO OJANEN Tiedosto	
		A M	

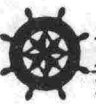



MUUTOS		PVM.		
TYÖ SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUPUTKISTON ESISUUNNITELMA				
PIIRUSTUS YLEISKARTTA PLV 25000-46166				
 Merenkulkulaitos Kartta- ja väyläosasto		TUTK.	PIIRT.	MITTAK. 1:50000
		SUUNN.		PVM. 14.12.2001
		TARK.		PIIR. NRO
		HYV.		002
MERENKULKULAITOS Kartta- ja väyläosasto SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUPUTKISTON ESISUUNNITELMA		YLEISKARTTA PLV 25000-46166		Mittakaavat 1:50000
 SUUNNITTELUKESKUS OY		VYT 3372-C1665 002		Muutos
Opastinsilta 6, PL 68, 00521 HELSINKI, puh (09)15641, fax (09)145150 Päiväys Suunn. J.YLI-KUUVILA 14.12.2001 Hyv. H.OJANEN		Suunnitteluala, työnnumero ja piirustuksen numero		
		Yhteysthenkilös HEIMO OJANEN		A
		Tiedosto		M



MUUTOS	PÄIVÄ	PII
TÖÖ SUOMEN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUKUSTON ESSUUNNITELMA		
PIIRUSTUS ASEMAPIIRUSTUS PLV 17100-25300		
MÄÄRÄYKSET		
TOIT.	PII.	MITTAK. 1:10000
SUUNN.	PII.	14.12.2001
TEK.	PII.	180
HYV.	UOS	105
MÄÄRÄYKSET		
ASEMAPIIRUSTUS PLV 17100-25300	ASEMAPIIRUSTUS PLV 17100-25300	1:10000
KORTTI- ja viijäsuoto		
SUOMEN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUKUSTON ESSUUNNITELMA		
SUUNNITTELUKESKUS OY		
Suunnitelma, lämpimän ja viijäsuoto		
VY 3372-1655		
005		
Suomen Kana- ja Viijäsuoto, 14.12.2001, H. H. H. H.		
Suomen Kana- ja Viijäsuoto, 14.12.2001, H. H. H. H.		



MUUTOS		PVM.	
TYÖ SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUTKISTON ESISUUNNITELMA			
PIIRUSTUS PURKUHAAROJEN LAITETILA			
 Merenkulkulaitos Kartta- ja väyläosasto	TUTK.	PIIRT.	MITTAK. 1:50
	SUUNN.		PVM. 14.12.2001
	TARK.		PIIR. NRO
	HYV.		017
MERENKULKULAITOS Kartta- ja väyläosasto SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN JAKELUTKISTON ESISUUNNITELMA		PURKUHAAROJEN LAITETILA Mittakaavat 1:50	
 SUUNNITTELUKESKUS OY Opostinsilta 6, PL 68, 00521 HELSINKI, puh (09)15641, fax (09)145150		Suunnitteluala, työnumero ja piirustuksen numero Muutos	
Pöytäys Suunn. Jukka Yli-Kuivila 14.12.2001 Hyv. Heimo Ojanen		VYT 3372-C1665 017 Yhteyshenkilö Jukka Yli-Kuivila Tiedosto P:\vyt\3372_Merenk\C1665_Saimaan\pär\017_purkuhaaroj	

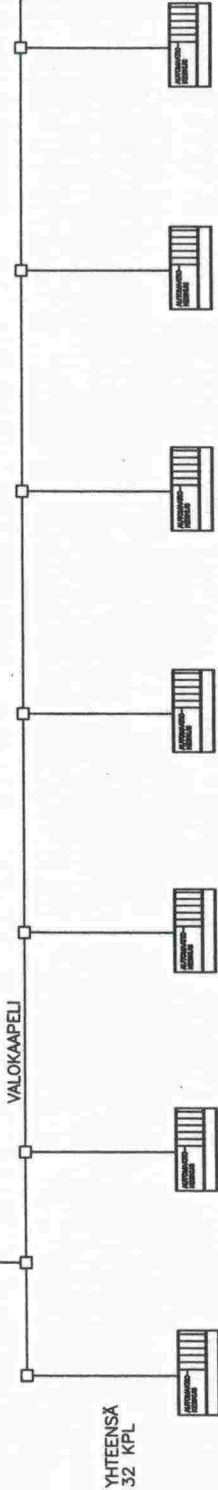
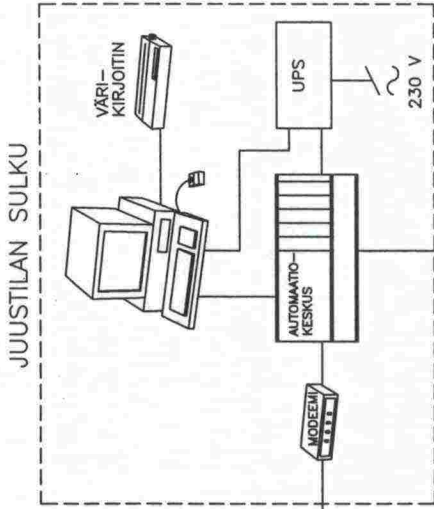
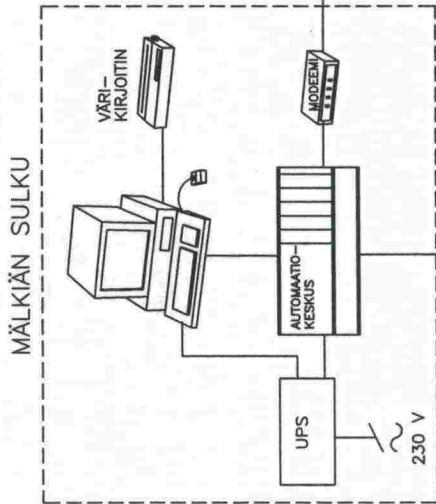
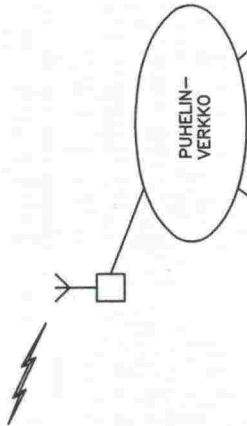
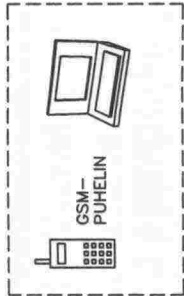
ETÄKÄYTTÖ

TIEDONSIIRTO

VALVOMO

TIEDONSIIRTO

ALA-ASEMAT



SUUNNITTELUKESKUS OY

Opastinkaari 6, PL 68, 00521 HELSINKI, puh (09)15641, fax (09)145150

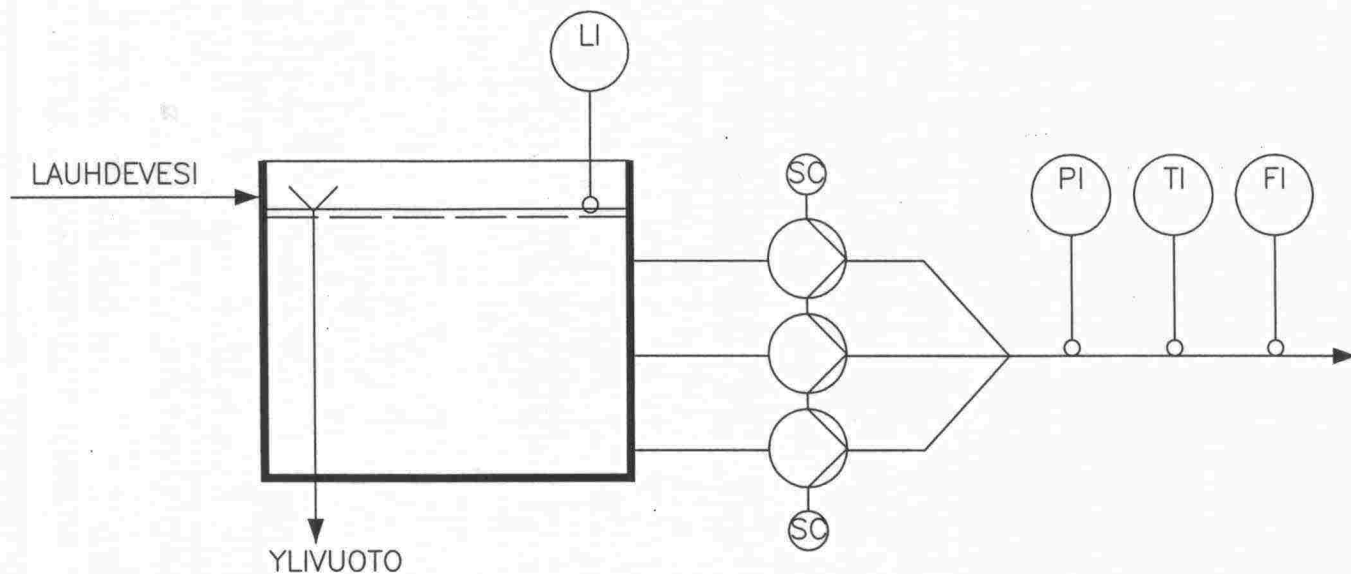
Päiväys 29.11.2001
Pääsuoj PPA
Suunn. P. PALMUNEN
Tark. J. YLIKUUVILA

Kohde MERENKULKULAITOS
SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN
JAKELUPUTKISTO

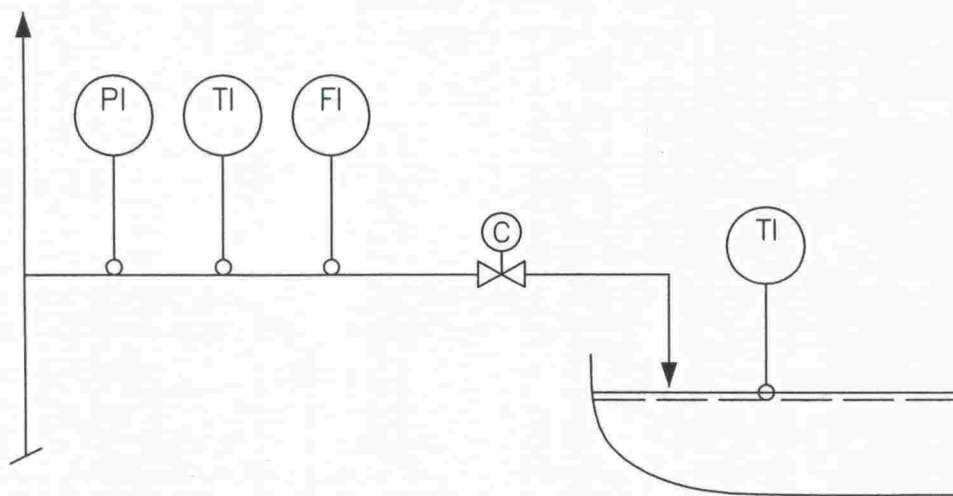
Sisältö AUTOMAATION JA TIEDONSIIRRON
JÄRJESTELMÄKAAVIO

Liitteet:
Muut
Projektin VT-3372-C1665
Pituus 018
Tiedosto 018.dwg

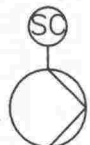
PUMPPAAMON PERIAATEKAAVIO



SÄÄTÖASEMAN PERIAATEKAAVIO



SYMBOLIEN SELITYKSET:



PUMPPU VARUSTETTUNA
TAAJUUSMUUTTAJAKÄYTÖLLÄ



PINTAMITTAUS



SÄÄTÖVENTTIILI



PAINEMITTAUS



VIRTAUSMITTAUS



LÄMPÖTILAMITTAUS



SUUNNITTELUKESKUS OY

Opastinsilta 6, PL 68, 00521 HELSINKI, puh (09)15641, fax (09)1564384

Päiväys 29.11.2001

Piirustaja PPA

Suunn. P.PALMUNEN

Työ J.YLI-KUIVILA

Sarja

MERENKULKULAITOS
SAIMAAN KANAVAN LÄMPIMÄN VEDEN
JAKELUPUTKISTO
PERIAATEKAAVIOT

Mittak.

Projekti VYT3372-C1665

Piirust. 019

Tiedosto 019.dwg